

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**  
**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES Y**  
**OCEÁNICOS**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**  
**BUQUE COSTERO DE CARGA GENERAL**

**Por**

**FRANCISCO JOSE ARRÁZOLA MÉNDEZ**

Proyecto Fin de Carrera presentado en la  
Escuela Técnica superior de Ingenieros Navales y Oceánicos de Cartagena  
para la obtención del título de  
Ingeniero Naval y Oceánico

**Dirigida por**

**PROFESOR D. GERMAN ROMERO**

Cartagena, 26 de enero de 2015

Mi agradecimiento al profesor D. Germán Romero  
por su soporte durante los meses de trabajo  
que han sido necesarios para completar el presente PFC



## **RESUMEN**

El presente Proyecto Fin de Carrera desarrolla el diseño de un buque costero de carga general de 55 metros de eslora total.

La filosofía del proyecto parte de la interpretación del buque como una solución técnica a una necesidad de negocio, conjugando parámetros técnicos y variables de explotación, con el objetivo de conseguir un buque para el que el coste de su ciclo de vida sea óptimo.

A partir de esta premisa, todos los cálculos desarrollados a lo largo del PFC así como la totalidad de la selección de equipos y decisiones de diseño se alinean en función esa condición, que se traduce a efectos prácticos en la maximización del Valor Actual Neto a lo largo del ciclo de vida del buque.

En el desarrollo del PFC se han estructurado los cálculos siguiendo el formato de trabajo basado en la metodología de “Cuadernos de Proyecto”, adaptada a las particularidades de este proyecto.

Los 12 “Cuadernos de Proyecto” se han agrupado en volúmenes de trabajo según la afinidad del contenido de cada uno de ellos entre sí, resultando un total de cinco, los cuales se describen a continuación:

VOLUMEN 0	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL BUQUE A PROYECTAR
VOLUMEN I	DIMENSIONAMIENTO DEL BUQUE PROYECTO
VOLUMEN II	PROPULSIÓN, EQUIPO Y MAQUINARIA
VOLUMEN III	ESTRUCTURA Y RESISTENCIA LONGITUDINAL
VOLUMEN IV	PRESUPUESTO

Los planos necesarios para completar el PFC se incluyen como un anexo al final de cada capítulo, lo que permite un seguimiento más cómodo del contenido del capítulo así como del resultado del diseño correspondiente a cada servicio o sistema.

En los casos que se ha considerado conveniente hacer reseñas a bibliografía o fuentes primarias se ha utilizado la metodología de la referencia numérica en el texto, incorporándose al final del capítulo la relación correspondiente.

La bibliografía utilizada, tanto la general como la especializada se incluye al final de cada capítulo.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNOS:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



## ACRÓNIMOS

B	Manga
BB	Buque Base
BB1	Buque Base 1
BB2	Buque Base 2
BBO	Buque Base Optimizado
BP	Buque Proyecto
B <sub>f</sub>	Manga en la flotación
CDG	Centro de gravedad
CP	Cuadernos de Proyecto
Cu	Carga útil
Csm	Consumos del buque
D	Puntal
Dot	Dotación o Tripulación
DnV	Sociedad de clasificación Det Norske Veritas
GE	Generador eléctrico de emergencia
IACS	International Association of Classification Societies
IMO	International Maritime Organization
IMSBC	International Maritime Solid Bulk Cargoes Code
LBC	Liquid Bulk Container
LFC	Coste del Ciclo de Vida (LiFe cycle Cost)
LOA	Eslora total (Length Over All)
L <sub>pp</sub>	Eslora entre perpendiculares
L <sub>f</sub>	Eslora en la flotación
MARPOL	IMO International Convention for the Prevention of Pollution from Ships
MCO	Maximum Continuous Output
MCIA	Motor de combustión interna alternativa
MCR	Maximum Continuous Rating
MP	Motor principal
P <sub>M</sub>	Peso muerto

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNOS:

Francisco J. Arrazola Méndez



# ***Buque Costero de Carga General***



PFC	Proyecto Fin de Carrera
PVC	Polícloruro de vinilo. Del inglés Polyvinylchloride
SOLAS	IMO. International Convention for the Safety of Life at Sea
STCW	IMO International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers
SSCC	Sociedades de Clasificación
T	Calado
T <sub>CF</sub>	Calado a la altura del centro de flotación
T <sub>p</sub>	Calado en la perpendicular de proa
T <sub>es</sub>	Calado a la altura del espejo
VAN	Valor Actual Neto

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNOS:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



## FACTORES PRESENTES EN ECUACIONES

$A_f$	Área de la flotación
$B$	Manga
$B_{estructura}$	Manga que ocupan los elementos estructurales del casco
$B_f$	<i>Manga en la flotación</i>
$BM_T$	Posición del centro de carena transversal
$BM_L$	Posición del centro de carena longitudinal
$BHP$	Brake Horse Power
$C$	Coefficiente dependiente de la flotación
$C_{AGP}$	consumo diario de agua potable por tripulante
$C_{ALIM}$	Consumo diario de víveres por tripulante
$C_{ATE}$	consumo de aceite
$C_B$	Coefficiente Bloque
$C_F$	Coefficiente de la Flotación
$CF$	Flujo de caja
$CF_i$	Flujo de caja en un periodo “i”
$CLG$	Coordenada transversal del CDG del buque
$C_M$	Coefficiente de la Maestra
$C_{COMB}$	Consumo de combustible
$C_\ell$	Consumo específico de un MCIA
$C_p$	Coefficiente Prismático
$C_{p,AX}$	Peso propio de un tripulante
$C_{SB}$	Consumos del buque
$C_{TR}$	Consumos de la tripulación
$C_U$	Carga útil
$C_{WL}$	Coefficiente de la Flotación
$D$	Puntal
$D_{bod}$	Puntal de bodega
$D_{D/F}$	puntal del doble fondo
$D_{OT}$	Peso de la tripulación
$D/F$	Doble fondo
$FB$	Francobordo
$F_{CORR-PM}$	Factor de corrección del peso muerto

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNOS:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General



$F_r$	Número de Froude
$GM$	Altura metacéntrica
$GM_L$	Altura metacéntrica longitudinal
$GM_T$	Altura metacéntrica transversal
$h_{D/F}$	Altura del doble fondo
$H_{3 \text{ capas}}$	Altura de una pila de pallets de 3 capas
$H_{4 \text{ capas}}$	Altura de una pila de pallets de 4 capas
$I_0$	Valor de la inversión inicial
$K$	Tasa de descuento de flujos de caja
$KB$	Altura del centro de carena sobre la línea base
$KG$	Coordenada vertical del CDG del buque
$KM$	Radio metacéntrico
$KM_L$	Radio metacéntrico longitudinal
$KM_T$	Radio metacéntrico transversal
$L_{BOD}$	Eslora de la bodega
$L_{CM}$	Eslora de la cámara de máquinas
$L_{CB}$	Coordenada longitudinal del centro de carena del buque
$L_{CF}$	Coordenada longitudinal del centro de la flotación
$LG$	Coordenada longitudinal del CDG del buque
$L_{Pañol \text{ GE}}$	Eslora del pañol del generador de emergencia
$L_{PP}$	Eslora entre perpendiculares
$L_{Pique \text{ de popa}}$	Eslora del pique (rasel) de popa
$L_{Pique \text{ de proa}}$	Eslora del pique (rasel) de proa
$MCLA$	Motor de combustión interna alternativo
$n$	Número de períodos considerado en el cálculo de un flujo de caja
$N_{pv}$	Número de pallets por viaje
$P_M$	Peso muerto
$P_{M-A}$	Peso muerto ajustado
$P_T$	Peso de los pertrechos
$S$	Superficie mojada
$T$	Calado
$TS$	Calado de la condición de carga
Ton/cm	Toneladas por centímetro de inmersión
$T_{pci}$	Toneladas por centímetro de inmersión

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNOS:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General



$V, v$	Velocidad del buque
$V$	Volumen
$V_{BODEGA}$	Volumen de Bodega
$V_{CAR}$	volumen de carena
$V_{carga\ pallets}$	Volumen de carga en pallets
$V_{BOD-A}$	Volumen de bodega ajustado
$V_{MQ}$	Volumen de la cámara de máquinas
$V_{pallet}$	Volumen de un pallet
$W_{ME}$	Peso del motor propulsor y reductor
$W_{maq}$	Peso de la maquinaria
$W_{OA}$	Peso del equipo y la habilitación
$W_{QE}$	Peso de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas
$W_{QR}$	Peso de otros elementos Cámara de Máquinas
$W_{RP}$	Peso del resto de maquinaria propulsora
$W_{ST}$	Peso de la estructura
$X_B$	Coordenada longitudinal del centro de carena
$\Delta$	Desplazamiento
$\Delta_R$	Peso en Rosca o Desplazamiento en Rosca
$\Delta L$	Incremento de eslora
$\gamma_{hom}$	Peso específico de la carga homogénea

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNOS:

Francisco J. Arrazola Méndez



## ÍNDICE

*Página*

### INTRODUCCIÓN

1

### VOLUMEN 0

#### MEMORIA DESCRIPTIVA DEL BUQUE A PROYECTAR

Introducción 7

##### CAPÍTULO 0.1

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL BUQUE Y SERVICIO A QUE SE DESTINA 9

- 1.- Filosofía del proyecto 11
- 2.- Análisis de la misión 11
  - 2.1.- Perfil operativo 12
  - 2.2.- Tráfico a que se destina el buque 12
  - 2.3.- Requisitos de carga 15
- 3.- Problemas principales del proyecto 16
- 4.- Metodología y criterios aplicados al desarrollo del proyecto 16
- 5.- Soluciones adoptadas 18
- Referencias del texto 20
- Bibliografía 20
- Páginas Web consultadas 20

### VOLUMEN I

#### DIMENSIONAMIENTO DEL BUQUE PROYECTO

Introducción 25

##### CAPÍTULO 1.1

DIMENSIONAMIENTO 27

- 1.- Especificaciones del buque proporcionadas por el armador 29
  - 1.1.- Cálculo del Porte 29
- 2.- Especificaciones complementarias del buque 31
- 3.- Requisitos básicos del proyecto 33
- 4.- Criterios de dimensionamiento 34

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*



5.- Cálculo del volumen de la bodega	35
5.1.- Dimensionamiento de la bodega para carga de pallets	35
5.2.- Dimensionamiento de la bodega para carga de áridos a granel	41
5.3.- Dimensionamiento de la bodega para Big Bag	41
6.- Cálculo de las dimensiones principales del buque por método directo:	
Buque Base 1	42
6.1.- Estimación de la eslora entre perpendiculares	42
6.1.1.- Eslora del pique de popa	43
6.1.2.- Eslora de la cámara de máquinas	44
6.1.3.- Eslora de la bodega	44
6.1.4.- Eslora del pañol del generador de emergencia	44
6.1.5.- Eslora del pique de proa	45
6.2.- Cálculo de la manga	45
6.3.- Cálculo del puntal	46
6.4.- Cálculo del calado	46
6.5.- Resumen de dimensiones del BB1	47
7.- Cálculo de las dimensiones principales del buque mediante regresiones con base de datos: Buque Base 2	47
7.1.- Búsqueda de buques similares. Definición de la base de datos	48
7.1.1.- Ajuste del peso muerto al volumen de la bodega	49
7.1.2.- Base de datos	53
7.2.- Regresiones	54
7.2.1.- Regresiones directas	55
7.2.2.- Regresiones de relaciones	57
7.3.- Resumen de dimensiones del BB2	60
8.- Buque Base	60
9.- Optimización del Buque Base	63
9.1.- Criterio de evaluación. Cifra de Mérito	63
9.1.1.- Cifra de Mérito asociada a la maximización del flujo de caja	65
9.1.2.- Cifra de Mérito asociada a la minimización de la inversión inicial	67
9.1.3.- Cifra de Mérito seleccionada	68
9.2.- Evaluación de alternativas	69
9.2.1.- Componentes del peso en rosca	69
9.2.2.- Evaluación de las alternativas	73
9.3.- Alternativa seleccionada: BBO	74
10.- Dimensiones complementarias que completan el BBO	78
11.- Cálculo de los coeficientes adimensionales del BBO	79
11.1.- Cálculo del Coeficiente Bloque	79
11.2.- Cálculo del Coeficiente Prismático	80
11.3.- Cálculo Coeficiente de la Maestra	80

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



11.4.- Cálculo Coeficiente de la Flotación	80
11.5.- Cálculo de la posición longitudinal del centro de carena	80
11.6.- Coeficientes de forma del BBO	81
12.- Validación de la estabilidad del BBO	81
12.1.- Coordenadas del CDG	81
12.2.- Evaluación de la estabilidad inicial del buque intacto	82
12.2.1.- Cumplimiento de criterios	84
13.- Dimensiones y parámetros del BP	84
Referencias del texto	86
Bibliografía	88
Páginas Web consultadas	89

## CAPÍTULO 1.2

### FORMAS

1.- Criterios a aplicar en la selección de las formas	93
2.- Metodología aplicada para selección de las formas	93
3.- Definición preliminar de las formas básicas del buque proyecto	94
3.1.- División de la eslora	95
3.2.- Análisis del cuerpo de proa	96
3.2.1.- Adopción del bulbo de proa	97
3.2.2.- Definición del semiángulo de entrada en la flotación $\alpha$	98
3.2.3.- Selección del ángulo de lanzamiento $\beta$	99
3.3.1.- División de la eslora	
3.3.- Formas del cuerpo de popa	101
3.3.1.- Bulbo de popa	101
3.3.2.- Semiángulo de salida	101
3.3.3.- Forma del codaste	101
3.4.- Cuerpo cilíndrico	102
3.4.1.- Radio del pantoque	102
4.- Definición de las formas a partir de los coeficientes de forma	103
4.1.- Dimensiones y coeficientes de partida	103
4.2.- Validación de los coeficientes adimensionales	104
5.- Definición de formas mediante la aplicación del método de generación de formas con Maxsurf	106
6.- Análisis de los resultados obtenidos	107
7.- Análisis previo de la calidad de las formas adoptadas	109
7.1 Análisis de la curva de áreas seccionales	109

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



	<i>Página</i>
7.2.- Análisis de la estabilidad	110
7.2.1.- coordenadas del CDG del Buque Proyecto	110
7.2.2.- Buque Proyecto: evaluación de la estabilidad inicial en condición de buque intacto	111
8.- Conclusiones sobre las formas	112
Referencias del texto	113
Bibliografía	113
Páginas Web consultadas	114
Anexo I: Plano PFC 1: Curva de áreas seccionales	115
Anexo II: Plano PFC 2: Plano de formas del Buque Proyecto	117
 <b>CAPITULO 1.3</b>	
<b>DISPOSICION GENERAL</b>	119
1.- Factores condicionantes de la disposición general del buque	121
1.1.- El buque a proyectar	122
1.2.- Tipo de buque	123
1.3.- Criterios de diseño	123
1.3.1.- Bandera	123
1.3.2.- Sociedad de clasificación	123
1.3.3.- Cota de clasificación	124
1.3.3.1.- Notación de clase obligatoria	124
1.3.3.2.- Requerimientos opcionales de clase	125
1.3.4.- Notación de clase definitiva	127
2.- Normativa a aplicar	127
2.1.- Reglas de la sociedad de clasificación a aplicar para el diseño	128
3.- Disposición de la estructura	129
3.1.- Distribución de secciones transversales	129
3.1.1.- Clara entre cuadernas	130
3.1.2.- Espaciado entre bulárcamas	131
3.1.3.- Número de secciones que componen el buque	133
3.2.- Subdivisión: mamparos estancos transversales	135
3.2.1.- Número obligatorio de mamparos transversales estancos	135
3.2.2.- Posición del mamparo de colisión (Regla A 400 Pt3 Ch 2 Sec 3)	137
3.2.3.- Posición del mamparo estanco del rasel de popa	137
3.2.4.- Posición de los mamparos estancos de la cámara de máquinas	137
3.3.- Disposición de elementos longitudinales	137
3.3.1.- Cubiertas	138
3.3.2.- Mamparos longitudinales	138

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





	<i>Página</i>
3.3.3.- Plan de bodega / Tapa del doble fondo	138
3.3.4.- Forro	139
3.3.5.- Fondo	140
4.- Espacios que constituyen el buque	140
4.1.- Criterios de diseño	143
4.1.1.- Cubierta	144
4.1.1.1.- Elementos de carga y descarga	144
4.1.1.2.- Elementos de amarre y fondeo	144
4.1.1.3.- Elementos de protección de la tripulación	145
4.1.2.- Espacios de carga	145
4.1.3.- Cámara de Máquinas	145
4.1.4.- Habitación	146
4.1.5.- Puente de gobierno	147
4.1.6.- Pañol del servomotor del timón	148
4.1.7.- Otros espacios	148
4.1.7.1.- Local del generador de emergencia	148
4.1.7.2.- Pañol de cabullería	148
4.1.7.3.- Pañol del material de estiba	148
4.1.7.4.- Pañol del SOPEP	149
4.1.8.- Tanques	149
4.1.8.1.- Tanques de lastre	149
4.1.8.2.- Tanques de combustible	149
4.1.8.3.- Tanques de servicios de máquinas	149
4.1.8.4.- Tanques de servicios para servicios de habitación	149
5.- Adecuación de los espacios a la configuración estructural del buque	150
5.1.- Localización de los espacios	150
5.2.- Ubicación de los mamparos estancos transversales	153
5.3.- Ubicación de las bulárcamas	154
5.4.- Ubicación de los mamparos estancos longitudinales	157
5.5.- Espacios de carácter especial. Espacios confinados	157
Referencias del texto	158
Bibliografía	158
Páginas Web consultadas	159
Anexo I: Plano PFC 3: Plano de disposición general	161
Anexo II: Plano PFC 4: Plano de disposición general de tanques	

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## CAPÍTULO 1.4

### CALCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL

	165
1. Introducción	167
2.- Tabla de características hidrostáticas	168
2.1.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento - 0,5 m	168
2.2.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento 0 m	170
2.3.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento 0,5 m	172
2.4.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento 1,0 m	174
2.5.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento 1,5 m	176
3.- Plano de tanques y tablas de capacidades	178
3.1.- Plano de tanques	178
3.2.- Tablas de capacidades	179
3.2.1.- Rasel de proa	179
3.2.2.- Tanques de lastre N° 1 babor y N° 1 estribor	179
3.2.3.- Tanques de lastre N° 2 babor y N° 2 estribor	180
3.2.4.- Tanques de lastre N° 3 babor y N° 3 estribor	180
3.2.5.- Tanque de lastre N° 3 centro	181
3.2.6.- Tanque de combustible N° 2 centro proa	181
3.2.7.- Tanque de combustible N° 2 centro popa	182
3.2.8.- Tanque de agua dulce	182
3.2.9.- Rasel de popa	183
3.2.10.- Bodega	183
3.2.11.- Tanque de lodos	184
3.2.12.- Tanque almacén de aceite lubricante	184
3.2.13.- Tanque de sentinas	185
3.2.14.- Tanques de combustible de servicio diario. babor y estribor	185
3.2.15.- Tanque de aguas negras	186
4.- Tablas y gráficas de brazos de adrizamiento KN	187
4.1.- Tabla y curvas KN para asiento -0,5 m	188
4.2.- Tabla y curvas KN para asiento 0 m	189
4.3.- Tabla y curvas KN para asiento 0,5 m	190
4.4.- Tabla y curvas KN para asiento 1,0 m	191
4.5.- Tabla y curvas KN para asiento 1,5 m	192
5.- Conclusiones sobre la estabilidad del buque	193
6.- Francobordo	193
6.1.- Calculo del francobordo mínimo	194
6.1.1.- Francobordo tabular	194

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



6.1.2.- Regla 29, Corrección por eslora inferior a 100 m	195
6.1.3.- Regla 30. Corrección por coeficiente bloque	195
6.1.4.- Regla 31. Corrección por puntal	195
6.1.5.- Regla 32. Corrección por puntal	196
6.1.6.- Regla 37. Reducción por superestructuras y troncos	196
6.1.7.- Regla 38, Corrección por arrufo de la cubierta	197
6.2.- Altura mínima de proa	199
6.3.- Asignación de francobordos	200
6.3.1.- Asignación de francobordo de verano	200
6.3.2.- Asignación de francobordo tropical	201
6.3.3.- Asignación de francobordo de invierno	201
6.3.4.- Asignación de francobordo para el Atlántico Norte invierno	201
6.3.5.- Asignación de francobordo de agua dulce	201
7.- Arqueo	202
7.1.- Arqueo Bruto	202
7.2.- Arqueo Neto	204
Referencias del texto	206
Bibliografía	206
Páginas Web consultadas	207

## VOLUMEN 2

### SISTEMAS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Introducción	213
<b>CAPÍTULO 2.1</b>	
<b>PREDICCIÓN DE POTENCIA</b>	215
1.- Generalidades	217
2.- Predicción de potencia	217
3.- Diseño de la propulsión	222
3.1.- Criterios de diseño del sistema propulsivo	222
3.1.1.- Definición de la cadena de propulsión	222
3.2.- Diseño del propulsor	223
3.3.- Selección del motor propulsor	230
3.3.1.- Combustible para la propulsión principal	231
3.4.- Selección de la reductora	231
3.5.- Chumacera de empuje	232
3.6.- Dimensionamiento del eje de cola	232
3.7.- Chumacera de apoyo	237

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

3.8.- Bocina	237
4.- Sistema de gobierno	238
4.1.- Metodología aplicada al diseño del timón	239
4.2.- Características de maniobrabilidad del buque	239
4.2.1.- Facilidad de evolución	241
4.2.2.- Facilidad de cambio de rumbo	243
4.2.3.- Facilidad para mantener el rumbo	244
4.2.4.- Conclusiones respecto a los criterios de maniobrabilidad	245
4.3.- Proyecto del timón	245
4.3.1.- Criterio de comprobación del área total de la pala	246
4.3.2.- Criterios para el dimensionamiento del timón	247
4.3.2.1.- Altura del timón	247
4.3.2.2.- Longitud o cuerda del timón	248
4.3.2.3.- Superficie de compensación	248
4.3.2.4.- Centro de presión del timón	248
4.3.2.5.- Espesor máximo del perfil	249
4.3.3.- Dimensiones del timón	250
4.4.- Dimensionamiento del servomotor del timón	253
Referencias del texto	257
Bibliografía	258
Páginas Web consultadas	258

## CAPÍTULO 2.2

<b>PLANTA PROPULSORA Y CÁMARA DE MÁQUINAS</b>	259
1.- Criterios generales del diseño de la Cámara de Máquinas	261
2.- Servicios auxiliares de la propulsión	261
2.1.- Sistema de combustible	263
2.1.1- Elección del combustible a bordo	263
2.1.1.1- Elección del combustible para la propulsión principal	264
2.1.1.2- Elección del combustible para la planta de generación de energía eléctrica	264
2.1.1.3- Elección del combustible para el generador eléctrico de emergencia	265
2.1.1.4- Elección del combustible para el buque	265
2.1.2.- Características generales del sistema de combustible	265
2.1.3.- Cálculo de los elementos que componen el sistema de combustible	267
2.1.3.1.- Recepción y almacenamiento del combustible	267
2.1.3.2.- Purificación del combustible	269
2.1.3.3.- Alimentación de receptores	270

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



	<i>Página</i>
2.2. - Sistema de refrigeración	274
2.2.1.- Refrigeración del motor principal	274
2.2.1.1- Características generales del sistema	274
2.2.1.2- Elementos del circuito de refrigeración del MP	275
2.3.- Sistema de lubricación	277
2.3.1.- Características generales del sistema	277
2.3.2.- Elementos de los distintos circuitos de lubricación	278
2.3.2.1.- Lubricación del motor principal	278
2.3.2.2.- Lubricación del eje de cola	278
2.3.2.3.- Elementos comunes a los sistemas de lubricación del buque	279
2.4.- Sistema de aire de arranque	279
2.4.1.- Servicio de aire de arranque de MP	280
2.4.1.1.- Botellas de aire principales	281
2.4.1.2.- Compresores principales	281
2.4.1.3.- Compresor de aire de emergencia	282
2.5.- Sistema de evacuación de gases de combustión del motor propulsor	282
2.5.1.- Conducto de exhaustación	284
2.5.2.- Dilatadores	286
2.5.3.- Soportes	286
3.- Servicios de cámara de máquinas	286
3.1.- Servicios auxiliares de la planta de generación de energía eléctrica	286
3.1.1.- Servicio de combustible de MMAA	287
3.1.2.- Refrigeración de los motores de los generadores eléctricos	287
3.1.3.- Lubricación de los motores auxiliares	288
3.1.4.- Sistema de arranque de MMAA	288
3.2.- Servicio de ventilación y extracción de la cámara de máquinas	288
3.2.1.- Flujo de aire para la sala de máquinas	288
3.2.1.1.- Caudal de impulsión	289
3.2.1.2 Ventiladores de cámara de máquinas	294
3.2.1.3 Extractores de cámara de máquinas	295
3.2.2.- Flujo de aire para el local del servo	295
3.2.2.1 Ventiladores del local del servo	296
3.2.2.2 Extractores del local del servo	296
3.3.- Servicios hidráulicos	297
3.3.1.- Accionamiento hidráulico de la pala del timón.	297
3.3.2.- Accionamiento hidráulico de los medios de amarre y fondeo	298

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



3.4.- Sistemas de agua dulce en cámara de máquinas	298
3.4.1.- Sistema de agua destilada para servicios generales de cámara de máquinas	299
3.5.- Sistemas de evacuación de gases de combustión de equipos instalados en la cámara de máquinas	299
3.5.1.- Exhaustaciones de los motores auxiliares	300
3.6.- Sistema de aire comprimido para servicios en Cámara de Máquinas	302
3.6.1.- Sistema de aire comprimido para servicios auxiliares	302
3.6.1.1.- Botella de aire de servicios	302
3.6.1.2.- Compresor de aire de servicios	302
3.7.- Servicios de achique de sentinas en cámara de máquinas	303
3.7.1.- Sistema de achique en Cámara de Máquinas	305
3.7.2.- Sistema de achique en local del servo	306
3.7.3.- Bombas principales de achique de sentinas	306
3.7.4.- Bomba de achique de emergencia	308
3.7.5.- Achique en caso de inundación de la Cámara de Máquinas	308
3.8.- Servicios contra incendios en cámara de máquinas	308
4.- Servicios de cámara de máquinas compartidos con el casco	309
5.- Sistemas de control de Cámara de Máquinas	309
6.- Otros equipos en Cámara de Máquinas	310
6.1.- Grúa para el mantenimiento del MP	310
6.2.- Virador del MP	310
6.3.- Dispositivos de puesta a tierra del eje	311
6.4.- Taller de máquinas	311
6.5.- Pañol de respetos	312
Notas del texto	313
Bibliografía	314
Páginas web consultadas	314
Anexo I: Plano PFC 5: Disposición general de Cámara de Máquinas	315
Anexo II: Planos de los sistemas	317

## CAPÍTULO 2.3

<b>EQUIPO Y SERVICIOS DEL BUQUE</b>	320
1. Generalidades	321
2.- Servicios del casco	322
2.1.- Servicio de achique y sentinas del casco	322
2.1.1.- Sistema de achique en zona de carga	322

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



2.1.2.- Sistema de achique del local del servo	324
2.1.3.- Sistema de achique en la caja de cadenas	324
2.2.- Servicio de lastre	325
2.2.1.- Bombas de lastre	325
2.3.- Servicio de baldeo y contra incendios	327
2.3.1.- Dimensionamiento de las bombas contra incendios	327
2.3.2.- Colector de CI	329
2.3.3.- Bocas contra incendios	330
2.3.4.- Conexión internacional a tierra C.I.T.	330
2.4.- Equipo de fondeo amarre y remolque	331
2.4.1.- Ancclas	332
2.4.1.1.- Grillete del ancla	332
2.4.2.- Cadenas	333
2.4.3.- Molinete	336
2.4.3.1.- Potencia absorbida por el molinete	336
2.4.4.- Estopor	339
2.4.5.- Cabos de amarre y remolque	339
2.4.5.1.- Cabos de amarre	339
2.4.5.2.- Cabo de remolque	340
2.4.6.- Winche de amarre para maniobra de popa	340
2.4.7.- Bitas	341
2.5.- Equipo de gobierno	341
3.- Servicios de la carga	341
3.1.- Medios de carga y descarga	342
3.2.- Cierre de la bodega: tapas de escotilla	342
3.3.- Ventilación de bodega	344
4.- Equipo de seguridad	344
5.- Servicios de la habilitación	345
5.1.- Requisitos de seguridad e higiene	345
5.2.- Equipo de fonda y hotel	346
5.2.1.- Cocina - Gambuza	346
5.2.2.- Fuentes frías	347
5.2.3.- Servicios higiénicos: equipo de lavandería y suministro de agua sanitaria	347
5.2.3.1.- Suministro de agua dulce sanitaria no potable	348
5.2.3.2.- Evacuación de aguas grises y negras	348
5.2.3.3.- Equipo de lavandería	348
5.2.4.- Frigoríficos en camarotes y salas de recreo	349

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



5.2.5.- Entretenimiento	349
5.3.- Equipo HVAC	350
5.3.1.- Ventilación	350
5.3.1.1.- Zona 1: puente de gobierno	351
5.3.1.2.- Zona 2: cocina	352
5.3.1.43- Zona 3: Camarotes, salas de recreo, lavandería y pasillos	354
5.3.2.- Calefacción	356
5.3.3.- Climatización	357
5.4.- Servicios sanitarios	361
5.4.1.- Agua dulce potable	362
5.4.2.- Agua dulce sanitaria no potable	362
5.4.2.1.- Demanda de agua dulce sanitaria	362
5.4.2.2.- Tanque almacén de agua dulce sanitaria	363
5.4.2.3.- Generador de agua dulce	364
5.4.2.4.- Hidróforo y sistema de bombeo	365
6.- Servicios ecológicos	366
6.1.- MARPOL Anexo I: aguas oleosas	366
6.1.1.- Bomba de achique de sentinas	368
6.1.2.- Sistema de tuberías	369
6.1.3.- Tanque de aguas oleosas	369
6.1.4.- Separador de sentinas	370
6.1.5.- Tanque de lodos	370
6.1.6.- Bomba de lodos	371
6.1.7.- Brida MARPOL	372
6.2.- MARPOL Anexo IV: aguas grises y negras	372
6.3.- MARPOL Anexo V: basuras	374
7.- Servicios de acceso y elevación	374
7.1.- Grúas	374
7.2.- Escala real	375
7.3.- Escala de práctico	375
7.4.- Ascensores y elevadores	375
8.- Servicios de navegación y comunicaciones	375
8.1.- Equipo de ayuda a la navegación	376
8.2.- Comunicaciones internas	376
8.3.- Comunicaciones exteriores	377

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





9.- Alumbrado e iluminación	378
9.1.- Luces de navegación	378
9.2.- Alumbrado exterior	379
9.2.1.- Exterior de la zona de habilitación	379
9.2.2.- Zonas de salvamento	379
9.2.3.- Cubierta principal	379
9.3.- Alumbrado interior	380
9.4.- Alumbrado de emergencia	385
Notas del texto	387
Bibliografía	388
Páginas web consultadas	388
Anexo I: planos de los sistemas	389
 <b>CAPÍTULO 2.4</b>	 391
<b>PLANTA ELÉCTRICA</b>	
1.- Principios de diseño	393
2.- Planta de generación de energía eléctrica	393
2.1.- Fuente principal de energía eléctrica	393
2.2.- Fuente de emergencia de energía eléctrica	394
3.- Energía eléctrica producida a bordo	395
3.1.- Tipo de energía eléctrica producida	395
3.2.- Voltaje y frecuencia	395
4.- Red de distribución	396
4.1.- Tipología de la red de fuerza	396
4.2.- Tipología de la red de alumbrado	396
4.3.- Tipología de la red de corriente continua	397
4.4.- Cuadro de distribución principal	397
4.5.- Cuadro de la fuente de energía principal	398
4.6.- Cuadro de emergencia	398
4.7.- Cuadros secundarios	399
4.8.- Cableado	399
5.- Potencia eléctrica de los consumidores	399
5.1.- Listado de consumidores eléctricos	399
5.2.- Clasificación de los servicios a bordo	404
5.2.1.- Servicios esenciales primarios	405
5.2.2.- Servicios esenciales secundarios	406
5.2.3.- Servicios no esenciales	408
5.2.4.- Servicios de emergencia	410

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



6.- Cálculo de la planta. Balance eléctrico	412
7.- Selección de los generadores	412
7.1.- Régimen de funcionamiento de los generadores	415
8.- Alimentación de servicios a 220 V. Transformadores	416
9.- Alimentación de servicios a 24 V CC. Baterías	416
10.- Alimentación desde tierra	416
11.- Dimensionamiento de barras y cableado	417
11.1.- Embarrado del cuadro eléctrico principal	417
11.2.- Embarrado del cuadro eléctrico de emergencia	418
11.3.- Cableado de conexión de cada generador de la fuente de energía principal al cuadro eléctrico principal	418
11.4.- Cableado de conexión del generador de emergencia al cuadro de emergencia	419
Bibliografía	420
Páginas web consultadas	420
Anexo I: Balance eléctrico	421
Anexo II: Plano PFC 14, plano eléctrico del cuadro principal del buque	422

## VOLUMEN 3 ESTRUCTURA DEL BUQUE

Introducción	428
<b>CAPÍTULO 3.1</b>	
<b>RESISTENCIA ESTRUCTURAL</b>	430
1. Criterios de cálculo	432
2.- Justificación de materiales	432
3.- Cálculos de resistencia general	432
3.1.- Estructura del fondo	433
3.1.1.- Tracas de quilla y aparadura	433
3.1.2.- Tracas de fondo	434
3.1.3.- Traca del pantoque	435
3.1.4.- Tracas de doble fondo	435
3.1.5.- Vagras y varengas en el doble fondo	436
3.1.6.- Varengas del doble fondo en secciones de bulárcama	437
3.1.7.- Longitudinales de fondo	438
3.1.8.- Longitudinales de doble fondo	439
3.1.9.- refuerzos verticales en vagras y varengas	439

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



	Página
3.2.- Estructura del forro	440
3.2.1.- Tracas laterales del forro	440
3.2.1.- Longitudinales de costado	441
3.3.- Estructura de la cubierta	442
3.3.1.- Cubierta resistente	442
3.3.2.- Longitudinales de cubierta	443
3.3.3.- Brazola de la bodega y sus barraganetes	444
3.4.- Mamparos	445
3.4.1.- Mamparo de colisión	445
3.4.2.- Mamparos de proa y popa de la bodega de carga	446
3.4.3.- Mamparos de proa y popa de la Cámara de Máquinas	448
3.5.- Superestructuras	449
4.- Módulo resistente mínimo	450
Bibliografía	451
Anexo I: Plano PFC 15, cuaderna maestra	452
Anexo II: Características de la sección maestra	453

## CAPÍTULO 3.2

<b>PESOS Y CDG DEL BUQUE EN ROSCA</b>	454
1.- Criterios de cálculo	455
2.- Peso del acero	455
2.1.- Acero continuo	455
2.1.1.- Posición del CDG del acero continuo	458
2.2.- Pesos locales de acero	459
2.2.1.- Peso y posición del CDG de los mamparos	459
2.2.2.- Peso y posición del CDG de los raseles de proa y popa	460
3.- Pesos y posición del CDG de la habilitación, guardacalor y chimenea	462
4.- Peso de la maquinaria	463
4.1.- Peso total de la maquinaria y posición del CDG	465
5.- Peso del equipo	466
5.1.- Peso de la protección anticorrosiva	466
5.1.1.- Peso de la pintura	466
5.1.2.- Peso de la protección catódica	467
5.2.- Peso del equipos de fondeo amarre y remolque	467
5.3.- Peso del equipo de navegación	468
5.4.- Peso del equipo de gobierno	469
5.5.- Peso del equipo de abandono y salvamento	469
5.6.- Peso del equipo CI	470

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

5.7.- Peso de las tapas de escotilla	470
5.8.- Peso de los medios de carga y descarga: excavadora	471
6.- Otros pesos	471
6.1.- Peso de las puertas estancas	471
6.2.- Peso de portillos	471
6.3.- Peso de la protección de la tripulación	471
6.4.- Peso del servicio de elevación y acceso	472
6.5.- Peso del servicio HVAC	472
6.6.- Peso de los equipos de entretenimiento	473
6.7.- Peso de los equipos de lavandería	473
6.8.- Peso del equipo de cocina	473
6.9.- Tabla resumen de otros pesos	474
7.- Peso en rosca	474
Referencias del texto	477
Bibliografía	477

## CAPÍTULO 3.3

### VALIDACIÓN DEL DISEÑO, CONDICIONES DE CARGA: ESTABILIDAD DEL BUQUE Y RESISTENCIA LONGITUDINAL

1.- Introducción	480
2.- Criterios aplicables	480
2.1.- Criterios de estabilidad	480
2.2.- Criterios de aceptación de la resistencia longitudinal	481
3.- Condiciones de carga	481
3.1.- Salida de puerto en lastre con el 100% de los consumibles	482
3.1.1.- Cumplimiento de criterios	483
3.1.2.- Curvas de estabilidad estática y dinámica	483
3.2.- Llegada a puerto en lastre con el 10% de consumibles	484
3.2.1.- Cumplimiento de criterios	485
3.2.2.- Curvas de estabilidad estática y dinámica	486
3.2.3.- Resistencia longitudinal en aguas tranquilas	487
3.2.4.- Resistencia longitudinal con ola trocoidal	487
3.3.- Salida de puerto con plena carga de áridos y 100% de consumibles	488
3.3.1.- Cumplimiento de criterios	489
3.3.2.- Curvas de estabilidad estática y dinámica	489
3.3.3.- Resistencia longitudinal en aguas tranquilas	490
3.3.4.- Resistencia longitudinal con ola trocoidal	491

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



3.4.- Llegada a puerto con plena carga de áridos y 10% de consumibles	491
3.4.1.- Cumplimiento de criterios	492
3.4.2.- Curvas de estabilidad estática y dinámica	493
4.- Conclusiones	494
Bibliografía	495

## **VOLUMEN 4 PRESUPUESTO**

<b>CAPÍTULO 4.1 PRESUPUESTO</b>	<b>501</b>
1.- Criterios de elaboración	503
2.- Presupuesto de las partidas	503
2.1.- Coste del casco	503
2.2.- Coste del equipo, armado e instalaciones	505
2.3.- Coste de la maquinaria auxiliar de cubierta	506
2.4.- Coste de la instalación propulsora	506
2.5.- Coste de la maquinaria auxiliar de la propulsión	507
2.6.- Coste de cargos y respetos	508
2.7.- Coste de instalaciones especiales	508
2.8.- Resumen de costes por partidas	509
3.- Costes de astillero	509
4.- Coste de la construcción	510
5.- Precio del buque	510

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



## ÍNDICE DE FIGURAS

Las figuras incluidas en el proyecto se numeran según:

VNúmero de volumen / CCapítulo en el volumen – FNúmero de figura en el capítulo

*Página*

### **VOLUMEN 0** **MEMORIA DESCRIPTIVA DEL BUQUE A PROYECTAR**

#### **CAPÍTULO 0.1**

#### **MEMORIA DESCRIPTIVA DEL BUQUE Y SERVICIO A QUE SE DESTINA**

Figura V0/C1-F1	Viaje Barcelona - Algeciras	13
Figura V0/C1-F2	Viaje Barcelona - Tenerife	13
Figura V0/C2-F3	Viaje Tenerife - Malabo	14

### **VOLUMEN 1** **DIMENSIONAMIENTO DEL BUQUE PROYECTO**

#### **CAPÍTULO 1.1**

#### **DIMENSIONAMIENTO**

Figura V1/C1-F1	Dimensiones Europallet	36
Figura V1/C1-F2	Dimensiones de la unidad de carga paletizada	36
Figura V1/C1-F3	Definición de esloras en el buque a proyectar	42
Figura V1/C1-F4	Gráfica de regresión $L_{pp} - V_{Bodega}$	55
Figura V1/C1-F5	Gráfica de regresión $B - V_{Bodega}$	55
Figura V1/C1-F6	Gráfica de regresión $D - V_{Bodega}$	56
Figura V1/C1-F7	Gráfica de regresión $T - V_{Bodega}$	56
Figura V1/C1-F8	Gráfica de regresión $L/B - V_{Bodega}$	57
Figura V1/C1-F9	Gráfica de regresión $L/D - V_{Bodega}$	58
Figura V1/C1-F10	Gráfica Regresión $L/T - V_{Bodega}$	59
Figura V1/C1-F11	Estimación del lanzamiento en proa	78

#### **CAPÍTULO 1.2**

#### **FORMAS**

Figura V1/C2-F1	Ángulo de entrada en la flotación, $\alpha$ y ángulo de lanzamiento, $\beta$	91
		96

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## CAPÍTULO 1.3

### DISPOSICIÓN GENERAL

Figura V1/C3-F1	Cálculo del número de secciones que componen en buque	133
Figura V1/C3-F2	Cálculo de la eslora de los cuerpos del buque	156

## CAPÍTULO 1.4

### CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL

Figura V1/C4-F1	Curvas hidrostáticas para asiento -0,5 m	169
Figura V1/C4-F2	Curvas hidrostáticas para asiento 0 m	171
Figura V1/C4-F3	Curvas hidrostáticas para asiento 0,5 m	173
Figura V1/C4-F4	Curvas hidrostáticas para asiento 1 m	175
Figura V1/C4-F5	Curvas hidrostáticas para asiento 1,5 m	177
Figura V1/C4-F6	Disposición de tanques a bordo	178
Figura V1/C4-F7	Brazo adrizante	187
Figura V1/C4-F8	Curvas KN para asiento -0,5 m	188
Figura V1/C4-F9	Curvas KN para asiento 0m	189
Figura V1/C4-F10	Curvas KN para asiento 0,5 m	190
Figura V1/C4-F11	Curvas KN para asiento 1m	191
Figura V1/C4-F12	Curvas KN para asiento 1,5 m	192

## VOLUMEN 2

### DIMENSIONAMIENTO DEL BUQUE PROYECTO

## CAPÍTULO 2.1

### PREDICCIÓN DE POTENCIA

Figura V2/C1-F1	Dimensiones Europallet	221
Figura V2/C1-F2	Dimensiones de la unidad de carga paletizada	224
Figura V2/C1-F3	Curvas de rendimiento y relación H/D de la hélice seleccionada	229
Figura V2/C1-F4	Curva de evolución del buque	240
Figura V2/C1-F5	Disposición de un codaste abierto con timón suspendido	240

## CAPÍTULO 2.2

### PLANTA PROPULSORA Y CAMARA DE MÁQUINAS

Figura V2/C2-F1	Sistema de refrigeración del motor principal	276
Figura V2/C2-F2	Lubricación del eje de cola	278
Figura V2/C2-F3	Sistema de escape del Buque proyecto	283
Figura V2/C2-F4	Sistema de escape recomendado por el fabricante del motor	285

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## CAPÍTULO 2.3

### EQUIPO Y SERVICIOS DEL BUQUE

		319
Figura V2/C3-F1	Proporciones de la cadena de fondeo	334
Figura V2/C3-F2	Disposición del largo de cadena	335
Figura V2/C3-F3	Unión cadena-ancla, cadena-caja de cadenas	335
Figura V2/C3-F4	Tapas de escotilla plegables	343
Figura V2/C3-F5	Esquema de máquina climatizadora	357
Figura V2/C3-F6	Esquema del proceso de climatización	358
Figura V2/C3-F7	Estructura y tipología de los conductos AA	359
Figura V2/C3-F8	Estructura y tipología de las rejillas AA	360
Figura V2/C3-F9	Curvas del grupo de presión para agua sanitaria	365
Figura V2/C3-F10	MARPOL Anexo I: tratamiento de aguas oleosas	367
Figura V2/C3-F11	Brida MARPOL para aguas oleosas	372
Figura V2/C3-F12	MARPOL Anexo IV	373

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





## ÍNDICE DE TABLAS

Las tablas incluidas en el proyecto se numeran según:

VNúmero de volumen / CCapítulo en el volumen – TNúmero de tabla en el capítulo

*Página*

### VOLUMEN 0

#### MEMORIA DESCRIPTIVA DEL BUQUE A PROYECTAR

##### CAPÍTULO 0.1

##### MEMORIA DESCRIPTIVA DEL BUQUE Y SERVICIO A QUE SE DESTINA

9

Tabla V0/ C1-T1      Perfil operativo del buque

12

Tabla V0/ C1-T2      Peso específico de las cargas previstas

15

### VOLUMEN 1

#### DIMENSIONAMIENTO DEL BUQUE PROYECTO

##### CAPÍTULO 1.1

##### DIMENSIONAMIENTO

27

Tabla V1/C1-T1      Requisitos básicos del buque a proyectar

29

Tabla V1/C1-T2      Puertos de operación probable del buque a proyectar

32

Tabla V1/C1-T3      Requisitos previos del diseño del buque a proyectar

34

Tabla V1/C1-T4      Evaluación de dimensiones de la bodega a proyectar

40

Tabla V1/C1-T5      Dimensiones del BB 1

47

Tabla V1/C1-T6      Base de datos de Buques similares al buque a proyectar

53

Tabla V1/C1-T7      Dimensiones del BB2

60

Tabla V1/C1-T8      Dimensiones BB1, BB2

61

Tabla V1/C1-T9      Factores adimensionales BB1, BB2

61

Tabla V1/C1-T10      Factores adimensionales BB

62

Tabla V1/C1-T11      Dimensiones del Buque Base

63

Tabla V1/C1-T12      Dimensiones del BBO

74

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Tabla V1/C1-T13	Optimización del Buque Base	75
Tabla V1/C1-T14	Coeficientes de forma del BBO	81
Tabla V1/C1-T15	Dimensiones y características del Buque Proyecto	85
Tabla V1/C1-T16	Coordenadas del CDG del Buque Proyecto	85
Tabla V1/C1-T17	Coeficientes de forma del Buque Proyecto	85

## CAPÍTULO 1.2 FORMAS

		91
Tabla V1/C2-T1	Dimensiones del buque proyecto	104
Tabla V1/C2-T2	Coeficientes adimensionales del buque base	104
Tabla V1/C2-T3	Rango de validez de los parámetros adimensionales del buque base	105
Tabla V1/C2-T4	Parámetros adimensionales definitorios del buque base	106
Tabla V1/C2-T5	Parámetros Base de datos de predimensionamiento	106
Tabla V1/C2-T6	Comparación buque base – Buque Proyecto preliminar	107
Tabla V1/C2-T7	Dimensiones, coeficientes y criterios definitorios de las formas del Buque Proyecto Preliminar	107
Tabla V1/C2-T8	Dimensiones, coeficientes y criterios definitorios de las formas del Buque Proyecto	108

## CAPÍTULO 1.3 DISPOSICIÓN GENERAL

		119
Tabla V1/C3-T1	Requisitos previos del diseño del buque	122
Tabla V1/C3-T2	Dimensiones del buque proyecto	122
Tabla V1/C3-T3	Base de datos de clara entre cuadernas	132
Tabla V1/C3-T4	Dotación mínima de seguridad	146
Tabla V1/C3-T5	Localización entre cuadernas de los espacios a bordo	153
Tabla V1/C3-T6	Ubicación de mamparos estancos	154

## CAPÍTULO 1.4 CÁLCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL

		165
Tabla V1/C4-T1	Tabla de hidrostáticas para asiento -0,5 m	168
Tabla V1/C4-T2	Tabla de hidrostáticas para asiento 0 m	170
Tabla V1/C4-T3	Tabla de hidrostáticas para asiento 0,5 m	172
Tabla V1/C4-T4	Tabla de hidrostáticas para asiento 1 m	174
Tabla V1/C4-T5	Tabla de hidrostáticas para asiento 1,5 m	176
Tabla V1/C4-T6	Tabla de capacidades para rasel de proa	179
Tabla V1/C4-T7	Tabla de capacidades para tanques de lastre N° 1	179
Tabla V1/C4-T8	Tabla de capacidades para tanques de lastre N° 2	180
Tabla V1/C4-T9	Tabla de capacidades para tanques de lastre N° 3 Br y Er	180

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



	<i>Página</i>
Tabla V1/C4-T10	Tabla de capacidades para tanques de lastre N° 3 Centro 181
Tabla V1/C4-T11	Tabla de capacidades para tanques de combustible N° 2 Centro Pr 181
Tabla V1/C4-T12	Tabla de capacidades para tanques de combustible N° 2 Centro Pp 182
Tabla V1/C4-T13	Tabla de capacidades para tanque de agua dulce 182
Tabla V1/C4-T14	Tabla de capacidades para rasel de popa 183
Tabla V1/C4-T15	Tabla de capacidades para bodega 183
Tabla V1/C4-T16	Tabla de capacidades para tanque de lodos 184
Tabla V1/C4-T17	Tabla de capacidades para tanque de aceite 184
Tabla V1/C4-T18	Tabla de capacidades para tanque de sentinas 185
Tabla V1/C4-T19	Tabla de capacidades para tanques GO servicio diario Br y Er 185
Tabla V1/C4-T20	Tabla de capacidades para tanque de aguas negras 186
Tabla V1/C4-T21	Tabla de curvas KN para asiento -0,5 m 188
Tabla V1/C4-T22	Tabla de curvas KN para asiento 0 m 189
Tabla V1/C4-T23	Tabla de curvas KN para asiento 0,5 m 190
Tabla V1/C4-T24	Tabla de curvas KN para asiento 1 m 191
Tabla V1/C4-T25	Tabla de curvas KN para asiento 1,5 m 192
Tabla V1/C4-T26	Francobordo tabular 194
Tabla V1/C4-T27	Curva de arrufo normal 197
Tabla V1/C4-T28	Curva de arrufo real 198
Tabla V1/C4-T29	Corrección del francobordo 198
Tabla V1/C4-T30	Volumen bajo la cubierta de arqueo 202
Tabla V1/C4-T31	Volumen sobre la cubierta de arqueo 203
Tabla V1/C4-T32	Espacios no computables a efectos de arqueo 204
Tabla V1/C4-T33	Tabla de Arqueo Neto 205

## VOLUMEN 2

### DIMENSIONAMIENTO DEL BUQUE PROYECTO

<b>CAPÍTULO 2.1</b>	
<b>DIMENSIONAMIENTO</b>	215
Tabla V2/C2-T1	Comprobación de la aplicabilidad del método de Holtrop al “Buque Proyecto” 219
Tabla V2/C2-T2	Cálculo de la resistencia total 219
Tabla V2/C2-T3	Cálculo de la potencia EHP por el método de Holtrop 220
Tabla V2/C2-T4	Cálculo de la potencia efectiva BHP por Holtrop 221

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Tabla V2/C2-T5	Coeficientes propulsivos	226
Tabla V2/C2-T6	Gráfica rpm - $\eta_0$	229
Tabla V2/C2-T7	Relación espesor – cuerda	249
Tabla V2/C2-T8	Tabla de cálculo de dimensiones del timón del “Buque Proyecto”	252

## CAPÍTULO 2.3

### EQUIPO Y SERVICIOS DEL BUQUE

320

Tabla V2/C3-T1	Lastre total en el “Buque Proyecto”	325
Tabla V2/C3-T2	Lastre total en el “Buque Proyecto”	331
Tabla V2/C3-T3	Características del equipo de fondeo	332
Tabla V2/C3-T4	Características del equipo hidróforo	366
Tabla V2/C3-T5	Luces de navegación	378
Tabla V2/C3-T6	Iluminación de referencia “EREF”	381
Tabla V2/C3-T7	Factor de mantenimiento	382
Tabla V2/C3-T8	Índice de local, k	383
Tabla V2/C3-T9	Tabla del factor de utilización	383
Tabla V2/C3-T10	Valores de flujo luminoso	384
Tabla V2/C3-T11	Potencia del alumbrado interior	385

## CAPÍTULO 2.4

### PLANTA ELÉCTRICA

391

Tabla V2/C4-T1	Listado de consumidores eléctricos por servicio	404
Tabla V2/C4-T2	Servicios esenciales primarios	406
Tabla V2/C4-T3	Servicios esenciales secundarios	408
Tabla V2/C4-T4	Servicios no esenciales	410
Tabla V2/C4-T5	Servicios de emergencia	411
Tabla V2/C4-T6	Tabla de necesidades de potencia eléctrica según condiciones de navegación	413
Tabla V2/C4-T7	Tabla de necesidades de potencia eléctrica en la condición de emergencia	414
Tabla V2/C4-T8	Régimen de trabajo de los generadores	415

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## **INTRODUCCIÓN**

El presente PFC, además de ser un requisito obligatorio para la obtención de la titulación de Ingeniero Naval y Oceánico, nace del interés por conocer en profundidad las particularidades de los buques costeros de carga general.

El documento se ha desarrollado en cinco volúmenes.

El primero de ellos, Volumen 0, denominado “Memoria descriptiva del buque a proyectar” expone la misión del buque y la metodología seguida para su diseño, esta última a caballo entre una sencilla investigación aplicada basada en la información pública que mantienen las Sociedades de Clasificación pertenecientes a IACS, y el cálculo técnico de los CP.

El enfoque investigador no ha buscado hacer un análisis exhaustivo de la industria de los buques costeros, simplemente conocer los aspectos generales de la estructura de costes de la explotación de este tipo de buques y establecer una referencia que permita seleccionar las características más convenientes para el buque objeto del PFC.

El Volumen 0 abarca el contenido de un solo cuaderno:

Cuaderno 0: “Memoria explicativa del buque y servicio al que se destina”

En el Volumen I, llamado “Dimensionamiento del Buque Proyecto”, se han seguido los componentes básicos de un proyecto de investigación adaptados a la obtención de las dimensiones del BP.

Aplicando el esquema investigador, se ha partido de la formulación del problema a resolver, consistente a grandes rasgos en el diseño del buque objeto del PFC. Posteriormente se ha operacionalizado el planteamiento estableciendo los conceptos abstractos que definen y optimizan el BP

Se ha seguido el modelo de investigación correlacional consistente en el estudio de las bases de datos publicadas por las SSCC sobre este tipo de buques.

Finalmente presentan las conclusiones que resuelven el problema inicial, cuyo resultado es la definición del Buque Proyecto.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# ***Buque Costero de Carga General***



Se incluyen en este volumen los primeros cuatro CP que abarcan la definición completa de la geometría del buque:

Cuaderno 1:	Dimensionamiento
Cuaderno 2:	Formas
Cuaderno 3:	Disposición general
Cuaderno 4:	Cálculos de arquitectura naval

El resto de los volúmenes se adaptan a la metodología de los “Cuadernos de Proyecto”, habiéndose agrupado los cálculos de equipo y servicios, sistemas y maquinaria en un volumen y todos los cálculos correspondientes a la estructura en otro.

Así pues, el Volumen II nombrado “Sistemas de máquinas y equipos” contiene los cálculos correspondientes, englobando los CP:

Cuaderno 5:	Predicción de potencia. Diseño de propulsor/es y timón/es
Cuaderno 7:	Planta propulsora y cámara de máquinas
Cuaderno 10:	Equipos y servicios
Cuaderno 11:	Definición de la planta eléctrica

En el Volumen III denominado “Estructura” se recogen todos los cálculos correspondientes al casco y su resistencia. Este volumen contiene los siguientes CP:

Cuaderno 6:	Resistencia estructural
Cuaderno 8:	Pesos y centro de gravedad del buque en rosca
Cuaderno 9:	Situaciones de carga y resistencia longitudinal

Finalmente en el Volumen IV designado “Presupuesto”, se incluye el último CP:

Cuaderno 12:	Presupuesto
--------------	-------------

La información complementaria utilizada en la elaboración del PFC se incluye como anexos al final de cada uno de los capítulos a que corresponde

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES  
Y  
OCEÁNICOS**



**PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE COSTERO DE CARGA GENERAL**

**VOLUMEN 0**

**MEMORIA DESCRIPTIVA DEL BUQUE  
A PROYECTAR**

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Memoria explicativa***



El volumen 0 define la Misión del Buque y expone  
la Filosofía del Proyecto,  
basada fundamentalmente en el diseño de un buque cuyo  
coste de ciclo de vida resulte mínimo

Comprende un capítulo, el cual se corresponde con un Cuaderno de Proyecto, de  
la siguiente manera:

Capítulo 0.1: Cuaderno 0, Memoria explicativa del buque y  
servicio al que se destina

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



# **Buque Costero de Carga General**

## **Memoria explicativa**



## INTRODUCCIÓN

En el presente volumen se procederá a establecer el conjunto de características que definen el “Buque Proyecto”.

Partiendo de las demandas del armador y de los criterios que definen la filosofía del proyecto se fijan las bases para el desarrollo del buque mas adecuado a las necesidades previstas.

Se analizan la misión y el perfil operativo del buque, así como los tráficos a que se destina y las cargas a transportar, estableciendo un marco de referencia para el desarrollo del proyecto.

Este volumen introductorio contiene una sola parte que coincide con su título: memoria explicativa del buque y servicio al que se destina.

Esta parte introductoria proporciona los datos iniciales para el desarrollo ordenado del resto de los capítulos que constituyen el PFC.

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



# CAPÍTULO 0.1

## Memoria explicativa del buque y servicio al que se destina

*En este capítulo inicial se da una explicación al planteamiento del proyecto, así como de los criterios aplicados para la obtención de la solución más conveniente en cada una de las áreas técnicas que lo componen.*

*Las decisiones adoptadas se apoyan en los métodos de cálculo correspondientes.*



## **1 FILOSOFIA DEL PROYECTO**

La Filosofía del Proyecto parte de la interpretación del buque como una solución técnica a una necesidad de negocio.

El desarrollo del PFC se basa en la adopción del mínimo LFC como Cifra de Mérito del buque, cuyos criterios de diseño se fijarán por medio del análisis del VAN de la inversión denominada “buque de nueva construcción”; considerado este como un proyecto integral desde su concepción incluyendo la construcción y explotación hasta su desguace o venta.

Esta visión se basa en la decisión que supone la inversión en un buque en relación a los beneficios futuros que se estima proporcionará; de igual manera que se estudia cualquier inversión y que son la base de toda decisión empresarial.

## **2 ANÁLISIS DE LA MISIÓN**

El diseño de un buque parte de las especificaciones de la dirección de flota de una naviera española.

El armador ha conseguido un contrato de cinco años para transportar áridos de construcción desde la península a las ciudades del norte de África, Ceuta y Melilla. Necesita un buque costero que le permita transportar los áridos de construcción y otros materiales de obra objeto del contrato a un precio competitivo respecto del transporte alternativo en camiones embarcados en el Ferry que, desde Algeciras, conecta Ceuta y Melilla con la península.

El BP estará destinado al transporte de materiales de construcción, ya sean unidades de carga paletizadas o áridos de construcción a granel. Únicamente transportará este tipo de graneles.

Para la manipulación de la carga, el armador desea que se instale en un sistema de carriles en cubierta sobre el que se instalará una máquina del tipo retroexcavadora, de manera que pueda manipular la carga y descarga de los pallets con el brazo hidráulico y la de los áridos con el cazo.

El armador tiene negocios en África y las Islas Canarias por lo que desea que el barco tenga una autonomía que le permita hacer viajes hasta el Canarias y que tenga capacidad para llegar hasta el Golfo de Guinea y Egipto.

Por tanto, como requisito del proyecto, a solicitud del armador, el barco aunque su diseño sea del tipo costero deberá tener alcance oceánico.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# Buque Costero de Carga General

## Memoria explicativa



El armador desea clasificar el buque con el DnV

Para la navegación de cabotaje y especialmente entre la península y Ceuta o Melilla es recomendable el abanderamiento por la bandera española.

El buque deberá reunir los requisitos exigibles para la navegación internacional y especialmente aquellos que en materia de contaminación son de aplicación al mar Mediterráneo.

Por tanto el diseño deberá responder tanto a las exigencias de la bandera española, como a las de la normativa internacional y la reglamentación de la sociedad de clasificación elegida por el armador.

## 2.1. Perfil operativo

El armador estima que buque navegará aproximadamente 8.200 horas al año siguiendo el perfil operativo de la tabla 1

Velocidad del buque (kn)	Condición de carga	Tiempo de operación (%)
4	Plena carga	2
4	Lastre	2
10	Plena carga	40
10	Media carga	25
10	Lastre	15
12	Plena carga	5
12	Lastre	11

Tabla V0/ C1-T1: Perfil operativo del buque  
Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Tráfico a que se destina el buque

En cuanto al tipo de tráfico el buque estará destinado principalmente cabotaje en la costa mediterránea española y entre islas Canarias, Ceuta y Melilla.

En este tráfico se navegan distancias comprendidas entre 300 millas y 1.300 milla.

Está dentro de lo posible efectuar viajes de mayor distancia entre España y la costa atlántica norteafricana e incluso hasta Guinea ecuatorial, por lo que el armador demanda una autonomía oceánica.

En los siguientes párrafos se analizan las distancias de los viajes más probables.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Memoria explicativa



La distancia de navegación en un tráfico típico de cabotaje para este buque en la costa española, entre Barcelona y Algeciras es de 563 millas náuticas [1], como se ve en la figura 1

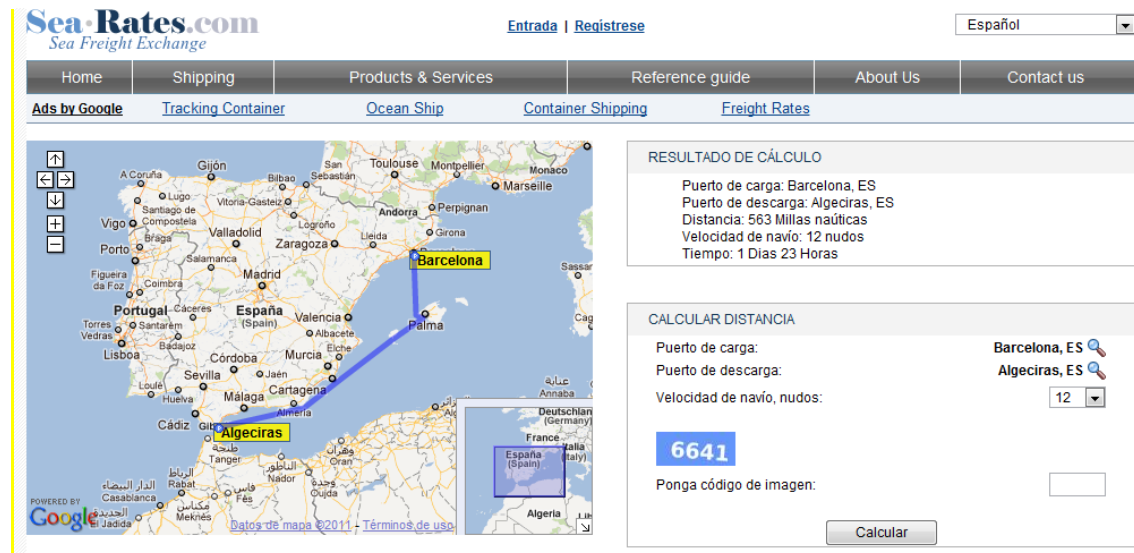


Figura V0/C1-F1: Viaje Barcelona - Algeciras  
Fuente: <http://www.searates.com> 14 de enero de 2014

En la figura 2 se muestra un viaje típico entre Barcelona y Santa Cruz de Tenerife [2]. La distancia de este trayecto es aproximadamente de 1.275 millas náuticas.

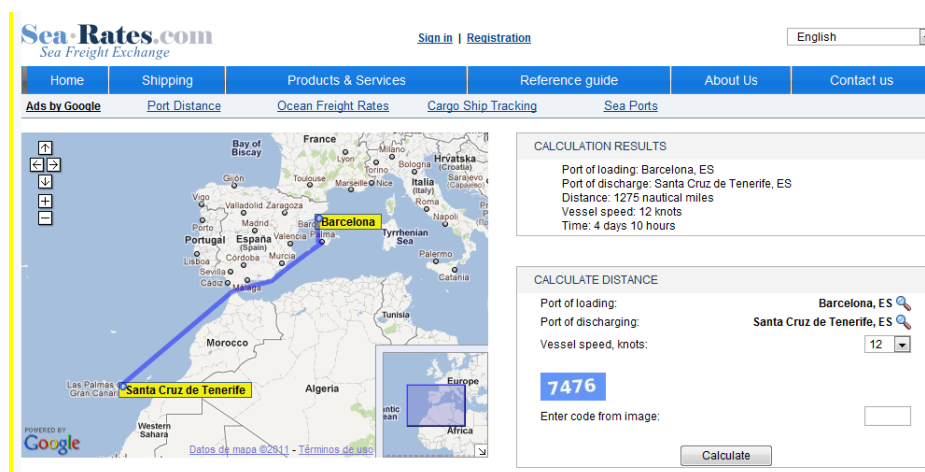


Figura V0/C1-F2: Viaje Barcelona - Tenerife  
Fuente: <http://www.searates.com> 14 de enero de 2014

Este viaje aunque es entre puertos españoles, al saltar al atlántico y navegar en aguas internacionales frente a la costa de África, ya no puede considerarse una navegación de

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Memoria explicativa



cabotaje; por lo que el buque deberá considerarse más que un buque costero. Para ello se le deberá dotar de la autonomía necesaria y tener en cuenta la capacidad para este tipo de viajes internacionales.

En un viaje desde Canarias a Guinea, como se ve en la figura 3, la distancia a cubrir desde Santa Cruz de Tenerife hasta Malabo es de 2.717 millas náuticas [3].



Figura V0/C1-F3: Viaje Tenerife - Malabo  
Fuente: <http://www.searates.com> 14 de enero de 2014

La duración de estos viajes a una velocidad de proyecto de entre 10 y 12 nudos, rango de velocidad típica en un costero son aproximadamente 4 días para el trayecto Barcelona Tenerife y 11 días más hasta Malabo.

En estos supuestos, un viaje redondo de España a Guinea supone unos 30 días de trayecto y unas 8.000 millas de distancia a cubrir; a los que habrá que sumar la probable estancia en puerto..

En las figuras V0/C1-F2 y V0/C1-F3 se pueden apreciar las rutas típicas de estos viajes

Es de interés para el armador disponer de suficiente autonomía para efectuar viajes de estas características, aunque desea también un diseño de gran economía en la operación. Disponer de una autonomía que solo se necesita en casos puntuales penaliza la economía en la operación; por tanto se propone una autonomía que permita llegar a Canarias y hacer combustible allí antes de seguir para Guinea, lo que supone 2.717 millas náuticas de viaje más un 10% de autonomía extra por mal tiempo y maniobras, en total 2.988,7 millas, que redondeando resulta una autonomía de 3.000 millas náuticas.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Memoria explicativa



El hecho de navegar por la costa africana exige capacidad propia de carga y descarga. La experiencia del armador en la operación de pequeños buques para el transporte de áridos sugiere la instalación de un equipo de retroexcavadora auto desplazable.

En lo que se refiere al calado del buque, se han fijado por el armador como puertos de alta probabilidad de entrada y salida los de Barbate, Barcelona y Castellón en la península. Para los viajes a las Islas Canarias y al continente africano se han considerado Santa Cruz de Tenerife, Ceuta, Melilla. Malabo se ha tenido en cuenta como puerto de arribada en viajes excepcionales

## 2.3. Requisitos de carga

El contratista se ha de poder comprometer al transporte de una cierta cantidad de áridos para obra y de pallets de materiales de construcción mensualmente entre Cádiz, Ceuta y Melilla. Esporádicamente habrá pallets más ligeros con sacos de cemento, pero será ocasional, ya que este transporte se ha contratado con un cementero.

El buque necesitaría una capacidad adicional en la bodega en metros cúbicos para poder cargar materiales de muy bajo peso y densidad como son los tubos de PVC.

El buque se destinará al transporte de los materiales de construcción que se citan a continuación.

- Pallets de ladrillo acústico de 10	1,040 t/m <sup>3</sup>
- Pallets de tabicón de 10	1,040 t/m <sup>3</sup>
- Pallets de ladrillo doble perforado de 10	0,767 t/m <sup>3</sup>
- Pallets de ladrillo cerámico perforado de 10	0,910 t/m <sup>3</sup>
- Pallets de gres	1,800 t/m <sup>3</sup> - 1,90 t/m <sup>3</sup>
- Pallets de prefabricado de hormigón (bordillos)	2,100 t/m <sup>3</sup> - 2,20 t/m <sup>3</sup>
- Pallets de prefabricado de hormigón (terrazo)	2,100 t/m <sup>3</sup> - 2.20 t/m <sup>3</sup>
- Pallets de cemento ensacado	1,600 t/m <sup>3</sup>
- Pallets de termoarcilla de 14, pieza base	0,930 t/m <sup>3</sup>
- Arena seca	1,500 t/m <sup>3</sup>
- Grava	1,700 t/m <sup>3</sup>

Tabla V0/ C1-T2: Peso específico de las cargas previstas  
Fuente: Elaboración propia

El armador establece como necesidades de transporte una capacidad de carga de pallets de la medida europea, 1.200 x 800 mm en torno a 5.600 toneladas al mes

En el caso de áridos de construcción se estima una capacidad óptima de transporte de aproximadamente 5.000 toneladas al mes.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### **3 PROBLEMAS PRINCIPALES DEL PROYECTO**

Las dificultades encontradas para la ejecución del presente PFC están referidas a problemas de propios de un proceso de investigación como se expone en el epígrafe 4 de este capítulo al describir la metodología seguida.

A continuación se listan aquellos problemas que se pueden considerar como relevantes:

- Número de Bases de datos de SSCC disponibles pequeño
- Dimensión de la muestra reducida
- Dificultad de acceso a todos los datos técnicos de los buques incluidos en las bases de datos
- Dificultad de satisfacción simultánea de los requerimientos del armador y de la solución técnica más conveniente
- Dificultad para establecer la Cifra de Mérito más adecuada a la solución concreta

Desde un punto de vista constructivo el buque es un carguero polivalente, por lo que debido al tipo de cargas que transporta se trata de un buque de volumen, por tanto su factor principal es el volumen de la bodega, siendo el condicionante principal el puntal.

Puesto que el puntal es la dimensión más barata de construir se primará el diseño en el que se considere el puntal de bodega como el criterio constructivo fundamental, atendiendo a la estabilidad del buque como criterio limitativo.

### **4 METODOLOGÍA Y CRITERIOS APLICADOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

Se ha seguido un proceso mixto apoyado en cálculo directo y en regresiones, adaptado a los objetivos propios del PFC.

Se ha partido de la formulación del problema a resolver, consistente en obtener “El diseño de un buque costero capaz de maximizar el VAN a lo largo de su LFC completo, teniendo en consideración las restricciones que imponen los criterios de explotación requeridos por el armador”. Este buque, que se denomina Buque Proyecto, BP, se obtiene a partir de un Buque Base Optimizado, BBO.

El BP es del tipo costero de carga general o polivalente, se trata pues de un buque de volumen, por lo que la variable fundamental será el volumen de bodega/s. Se calcularán

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Memoria explicativa***



las dimensiones de la bodega que garanticen la capacidad de carga de los distintos tipos de materiales y unidades de transporte que el armador desea desplazar. Seguidamente se determinarán el resto de las variables básicas que definen el buque, eslora entre perpendiculares, manga, puntal y calado.

Para fijar las dimensiones y parámetros adimensionales del buque Base se evaluarán dos buques BB1 y BB2,

Las características del BB1 se obtendrán por cálculo directo.

En el caso del BB2 se utilizarán las dimensiones y parámetros del BB1 para definir la muestra de buques más conveniente a emplear, y obtener mediante un modelo de análisis correlacional consistente en el estudio de las bases de datos publicadas por las SSCC las dimensiones y parámetros adimensionales de este BB2.

Los dos buques obtenidos, BB1 y BB2, serán sometidos a un análisis conjunto en relación al mantenimiento de sus dimensiones y coeficientes dentro rango de validez que para sus parámetros y este tipo de buques la experiencia valida de manera general. Como resultado se obtendrá el Buque Base BB.

Seguidamente se someterá al BB a un proceso de optimización. Para ello se efectuará un proceso de análisis del VAN a lo largo del LFC completo del buque para identificar cuáles son los criterios fundamentales que lo definen. El concepto identificado como fundamental en la maximización del VAN se tomará como Cifra de Mérito a emplear en el proceso de optimización.

Como resultado del proceso de optimización se obtiene un buque que se denominará Buque Base Optimizado, BBO.

Para completar el cálculo se efectuará un análisis primario de la estabilidad del BBO, se estimarán las coordenadas de su CDG y se evaluará su altura metacéntrica con la intención de validar teóricamente su estabilidad.

Una vez obtenido un resultado favorable de la estabilidad, se dará por concluido el proceso de optimización, quedando determinadas las dimensiones principales del buque. El dimensionamiento se completará con el cálculo de los parámetros adimensionales que

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



definen las formas del buque a proyectar: Coeficiente Bloque, Coeficiente de la maestra Coeficiente Prismático y Coeficiente de a Flotación.

El PFC se desarrollará a partir de esta alternativa óptima que se denominará Buque Proyecto.

## **5 SOLUCIONES ADOPTADAS**

Para mitigar el impacto de las dificultades que el PFC plantea se han adoptado un conjunto de soluciones encaminadas a garantizar la viabilidad global del proyecto, las cuales se describen a continuación.

Las soluciones se han concentrado en dos grupos enfocados a dar respuesta a los problemas que se han expuesto en el epígrafe 3 del presente capítulo:

1. Soluciones dirigidas a garantizar la validez estadística de los resultados obtenidos para el diseño del BP

La validez estadística de los resultados está relacionada con la adecuación de la muestra.

Para reducir la posible dispersión de la muestra se ha efectuado un proceso previo de cálculo directo para establecer los límites de las características de la población constituyente de la base de datos a analizar

Finalizado este proceso se ha seleccionado una muestra de 28 buques todos ellos dentro del rango de dimensiones y características obtenidas por cálculo directo y cuyos criterios de explotación coinciden con los requisitos exigidos por el armador para el BP. Esta se considera suficientemente amplia para garantizar los resultados

2. Soluciones dirigida al cumplimiento de los requisitos del armador

Es necesario conjugar dos criterios que presentan cierto antagonismo. Por una parte la solución constructiva debe ser óptima desde un punto de vista técnico y por otra el diseño debe proporcionar un modelo de explotación económicamente viable y de la máxima rentabilidad posible.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Memoria explicativa***



En lo referente al mínimo consumo de combustible compatible con la misión, criterio deseado en todo diseño, se buscará el modelo constructivo más adecuado

optando por aquel diseño que minimice el desplazamiento en rosca y por tanto el peso de acero y la superficie mojada.

La unificación de los criterios se ha enfocado en un diseño capaz de reducir al máximo los costes de explotación, para ello se han seguido 4 vías:

1. Mínima dotación
2. Consumo energético global del buque reducido
3. Diseño del sistema de manipulación de las cargas enfocado a conseguir el mínimo tiempo necesario para la carga y descarga
4. Mantenimiento del buque en servicio lo más reducido posible.

La optimización de la tripulación se obtiene mediante la incorporación de cámara de máquinas desatendida.

Para minimizar el consumo de combustible se ha optado por un sistema propulsivo ampliamente contrastado basado en motor diesel con una configuración de un solo eje de cola.

La reducción de tiempos en las cargas y descargas se ha resuelto a partir de la experiencia en las cargas a transportar y en los puertos previstos de trabajo, para lo cual se instalará una retroexcavadora móvil para estas labores.

Para la minimización de los costes de mantenimiento se enfatizará en la configuración general del buque y sus sistemas.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



## REFERENCIAS DEL TEXTO

- [1] La distancia entre puertos para calcular la autonomía del buque se ha efectuado utilizando los datos provenientes de la siguiente dirección web:  
[http://www.searates.com/es/reference/portdistance/?fcity1=3123&fcity2=19958&s  
peed=12&cocode=8914](http://www.searates.com/es/reference/portdistance/?fcity1=3123&fcity2=19958&speed=12&cocode=8914)  
17 de enero de 2014
- [2] La distancia entre puertos para calcular la autonomía del buque se ha efectuado utilizando los datos provenientes de la siguiente dirección web:  
[http://www.searates.com/es/reference/portdistance/?fcity1=3123&fcity2=19958&s  
peed=12&cocode=8914](http://www.searates.com/es/reference/portdistance/?fcity1=3123&fcity2=19958&speed=12&cocode=8914)  
17 de enero de 2014
- [3] La distancia entre puertos para calcular la autonomía del buque se ha efectuado utilizando los datos provenientes de la siguiente dirección web:  
[http://www.searates.com/es/reference/portdistance/?fcity1=3123&fcity2=19958&s  
peed=12&cocode=8914](http://www.searates.com/es/reference/portdistance/?fcity1=3123&fcity2=19958&speed=12&cocode=8914)  
17 de enero de 2014

## BIBLIOGRAFÍA

Ballarín, Eduard. (1994): *Recopilación de notas técnicas en Dirección General*, Barcelona, Publicaciones IESE.

Bunge, M. (1989): *La investigación científica*. Barcelona, Ariel.

Cea D'Ancona, M<sup>a</sup>.A. (1984): *Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social*. Madrid, Síntesis Sociología.

Doran, D. K. (1992): *Construction materials reference book*, Butterworth,.

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.searates.com>

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES  
Y  
OCEÁNICOS**



**PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE COSTERO DE CARGA GENERAL**

**VOLUMEN 1**

**DIMENSIONAMIENTO  
DEL BUQUE PROYECTO**

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Dimensionamiento del Buque Proyecto***



El volumen 1 está dedicado al dimensionamiento del Buque Proyecto, el cual se lleva a cabo en función de los requisitos del armador y de las restricciones propias de la solución de compromiso que supone la definición de la geometría del buque

Comprende 4 Cuadernos de Proyecto:

Cuaderno 1:	Dimensionamiento
Cuaderno 2:	Formas
Cuaderno 3:	Disposición general
Cuaderno 4:	Cálculos de arquitectura naval

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Dimensionamiento del Buque Proyecto***



## INTRODUCCIÓN

Este volumen se estructura en cuatro partes: dimensionamiento, formas, disposición general y cálculos de arquitectura naval.

Las cuatro partes citadas se ordenan de forma que constituyen un conjunto que presenta una visión general del buque y su explotación.

El volumen se estructura de manera que cada una de las partes proporciona datos de entrada para los cálculos a desarrollar en el capítulo sucesivo.

El conjunto de los capítulos proporciona una solución del buque a proyectar que facilita el cálculo de la propulsión, sus sistemas auxiliares y los equipos y servicios del buque; así como de la estructura y ordena la secuencia de trabajo que permitirá finalmente en el último volumen del PFC establecer un presupuesto realista del buque.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



## Capítulo

# 1.1

# CAPÍTULO 1.1

## Dimensionamiento

*En este capítulo, a partir de las especificaciones del armador y de los criterios de diseño establecidos se fijarán las dimensiones principales del buque base por cálculo directo.*

*Partiendo de estos valores se construirá una base de datos con buques similares a este primer buque base.*

*El buque resultante se someterá a un proceso de optimización para llegar a obtener el conjunto de dimensiones que proporcionan la mejor opción que define el buque a proyectar.*





## 1 ESPECIFICACIONES DEL BUQUE PROPORCIONADAS POR EL ARMADOR

Para la definición de las especificaciones previas se partirá de los requisitos básicos proporcionados por el armador los cuales se complementan con la misión del buque y su perfil operativo.

Los requisitos impuestos por el armador se incluyen en la tabla 1

Tipo de buque:	Carga general
Zona geográfica:	Costero en el Mediterráneo, adaptado Oceánico
Sociedad de clasificación:	Det Norske Veritas (DnV)
Bandera y Reglamento:	Bandera española, Convenios y códigos de la IMO.

Tabla V1/C1-T1: Requisitos básicos del buque a proyectar  
Fuente: Elaboración propia

El buque estará destinado al transporte de materiales de construcción, tanto unidades de carga paletizadas como áridos a granel para la construcción.

Los únicos graneles que transportará el buque serán áridos de construcción, por lo que le será de aplicación la normativa correspondiente a graneles que no son grano, International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code en su versión de 2008 y en consecuencia no le será de aplicación el código de grano o INTERNATIONAL CODE FOR THE SAFE CARRIAGE OF GRAIN IN BULK PART A SPECIFIC REQUIREMENT.

Como consecuencia de las cargas para las que está previsto se estudiará un diseño de buque de carga general adaptado a graneles.

### 1.1. Cálculo del Porte

Los requisitos de transporte exigen la entrega combinada de 5.000 t de áridos y 5.600 t de pallets mensualmente.

Puesto que el ciclo de trabajo en el estrecho sería de  $\frac{1}{2}$  día de carga + 1 día de viaje +  $\frac{1}{2}$  día de descarga, por tanto hay 15 ciclos al mes de promedio.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Dimensionamiento***



El armador propone un reparto del ciclo básico compuesto de 7 viajes al mes de áridos y 8 viajes al mes de pallets.

- Transporte de pallets

$$5.600 \text{ t/mes} / (8 \text{ viajes} / \text{mes}) = 700 \text{ t/viaje}$$

Se cubicará la bodega para el producto con menor peso específico de manera que se hagan viajes a buque completo para este producto. Para productos con un peso específico superior, parte de la bodega quedará libre ya que el límite vendrá fijado por el máximo peso que el buque puede cargar hasta el límite del francobordo.

- Transporte de áridos a granel

El transporte de grava y arena exige un movimiento de 5.000 t/mes, para los que se reservan 7 viajes.

$$5.000 \text{ t/mes} / (7 \text{ viajes/mes}) = 715 \text{ t/viaje}$$

Para cubrir el transporte de áridos es suficiente con los 7 viajes asignados. Bastará con comprobar que para el volumen necesario en bodega para transportar los pallets permite transportar los áridos.

Está previsto que los áridos sean transportados como granel, con lo cual basta comprobar la capacidad de la bodega para cargar 715 toneladas cada viaje en función del peso específico del granel transportado.

En caso de transportar los áridos como unidades de carga en Big Bags, el standard es de 1 metro cúbico de capacidad soportado por un pallet para facilitar su transporte.

Los requisitos de transporte exigidos para garantizar la entrega combinada de 5.000 t de áridos y 5.600 t de pallets mensualmente requieren una capacidad de carga o porte del buque de 715 t, ya que de ser inferior podría transportarse los pallets pero quedaría penalizado el transporte de áridos en 15 t por viaje.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



## **2 ESPECIFICACIONES COMPLEMENTARIAS DEL BUQUE**

De los epígrafes anteriores se desprenden un conjunto de requisitos adicionales no incluidos por el armador, los cuales deben complementar a los primeros para completar el conjunto de requisitos del diseño.

Del tipo de navegación al que se va a dedicar el buque se concluye que el **tipo** a diseñar es **costero**, cuya zona de navegación será principalmente el mar mediterráneo y esporádicamente las Islas Canarias y la costa atlántica de África

Las cargas a transportar son diversas y están definidas en un amplio abanico que va desde los graneles sólidos que no son grano hasta cargas paletizadas y Big Bags. Si bien estas son las necesidades iniciales del armador, no se descarta la posibilidad de transportar otros tipos

de unidades de carga como los LBC (Liquid Bulk Container) o grandes cargas unitarias. Por tanto la **tipología** de buque será de **carga general**.

La **velocidad** de este tipo de buques está comprendida entre 10 y 12 nudos. el perfil operativo proporcionado por el armador se plantea una velocidad máxima de **10 nudos**, lo cual aunque se encuentra en consonancia con las velocidades que actualmente alcanzan los buques de este tipo.

De los tipos de viajes para los que el buque debe estar adecuado se sugiere una capacidad de combustible , según se vio en el epígrafe 2.2 del capítulo 1 del volumen 0 de este PFC, suficiente para una autonomía de **3.000 millas** náuticas.

Como se ha visto en el epígrafe 1 de este capítulo, de los requisitos de transporte que el contrato exige al buque se desprende que la capacidad máxima de carga o **porte** del mismo está en torno a las **715 toneladas** condicionada por la carga de graneles.

Para optimizar el número de tripulantes de acuerdo con la normativa y recomendaciones internacionales el buque objeto del proyecto se diseñará para navegación con **máquina desatendida**, por lo cual no será necesario efectuar guardias de mar en la máquina.

Aunque la navegación de cabotaje se encuentra liberalizada en Europa, para tráficos entre la península y Ceuta o Melilla se recomienda el abanderamiento por la **bandera española** en su registro especial de buques de Canarias.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



Para la evaluación del calado del buque se han analizado las sondas correspondiente a los muelles de carga de los puertos de operación, las cuales se incluyen en la tabla V1/C1-2.

Puerto	Calado máximo en muelles de carga (m)
Barbate	4,5
Barcelona	6,4
Castellón	9,1
Ceuta	6,1
Malabo	9,1
Melilla	6,1

Tabla V1/C1-T2: Puertos de operación probable del buque a proyectar  
Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en esta tabla, la sonda en todos ellos, debido al reducido tamaño del buque, se puede considerar suficiente para poder abordar el diseño sin tener prestar especial atención a restricciones en el calado, que en este tipo de buques y en el entorno de dimensiones del buque a proyectar se encuentra comprendido entre 3 y 4 metros.

En aras de una explotación eficiente el armador desea que la tripulación del buque sea lo más reducida posible para el tipo de navegación que efectúa y las cargas que se manipulan. Este criterio emana del **Safe Manning Certificate** que será asignado al buque en el momento correspondiente y en el que se establece la dotación mínima de seguridad compatible con la navegación y con los casos de emergencia y abandono típicos del cuadro orgánico para un buque de estas características.

Considerando el régimen de guardias de navegación que establece el STCW, cuatro horas, la exigencia de la seguridad de la navegación necesitaría de tres pilotos dedicados a este cometido y tres marineros timoneles. En el caso de la vigilancia en cámara de máquinas, al ser desatendida, será suficiente con un maquinista en horario diurno para el mantenimiento, el cual atenderá la sala de máquinas en las maniobras. Esta configuración exige 6 personas dedicadas a la navegación.

La seguridad en las maniobras de entrada y salida de puerto, exige dos personas en la maniobra de popa, dos en la de proa, patrón en el puente y maquinista en el control de máquinas, lo que supone seis tripulantes.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# **Buque Costero de Carga General**

## **Dimensionamiento**



No obstante, es posible mantener el personal de navegación en régimen de guardias de mar de 6 horas por lo que solamente serían necesarios dos pilotos y dos marineros para cubrir esta necesidad.

Por tanto se sugiere una **dotación mínima de seguridad** de **6 tripulantes** compuesta por un capitán dos pilotos, un maquinista y dos marineros, de los cuales uno además debe ser cocinero. Esta tripulación permitirá operar el buque con seguridad en cualquier condición y atender a todos los requerimientos de la navegación.

El diseño de los alojamientos y las capacidades de la habitación se dimensionarán para los 6 tripulantes previstos como dotación mínima en función de la autonomía prevista para el buque.

Como se citó en el epígrafe 1, la **sociedad de clasificación** seleccionada por el armador es el **DnV**.

Al existir la posibilidad de navegación internacional y ser el buque de más de 24 metros de eslora reglamentaria se aplicará la **normativa** de la **IMO**, siendo el SOLAS el Convenio base para el diseño.

Será de obligado cumplimiento en todo lo referente a cuestiones **medioambientales** el convenio **MARPOL**, especialmente los requisitos de aplicación al mar mediterráneo como zona especial.

Así mismo, el diseño deberá responder tanto a las exigencias de la **bandera española**, como a las de la normativa internacional y la reglamentación de la sociedad de clasificación elegida por el armador.

## **3 REQUISITOS BÁSICOS DEL PROYECTO**

Una vez planteadas las especificaciones del proyecto por el armador y fijados un conjunto de características complementarias que el buque a proyectar debe reunir para cumplir con las exigencias impuestas, como resultado se obtiene el conjunto de datos que constituyen los requisitos básicos del proyecto.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco Arrazola Méndez*

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



En la tabla I-3 se presenta la recopilación de estos requisitos básicos, a partir de los cuales se iniciará el proceso de diseño del buque a proyectar.

Tipo de buque:	Costero
Zona geográfica:	Carga general – Costero Polivalente
Velocidad máxima:	Oceánico adaptado al Mediterráneo.
Autonomía:	10 nudos
Porte:	3.000 millas
Calado Máximo:	715 toneladas
Dotación:	3 - 4 metros
Reglamento:	6 tripulantes
	Bandera española, Convenios y códigos de la IMO y DnV .

Tabla VI/C1-T3: Requisitos previos del diseño del buque a proyectar  
Fuente: elaboración propia

## 4 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

Se obtendrán las dimensiones definitivas del buque a proyectar a partir de una base de datos de buques similares.

En los repositorios de datos de la industria no es posible encontrar publicadas todas aquellas características de los buques en servicio que sería deseable conocer para construir la base de datos más conveniente. Las dimensiones que generalmente se encuentran son LOA, B, D, Lpp, arqueo y peso muerto.

Para garantizar la idoneidad de las dimensiones de los buques incluidos en la base de datos, a partir de los requisitos básicos del buque a proyectar se calcularán las dimensiones principales de un primer buque base que se denominará BB1 por cálculo directo. Una vez

definidas se construirá una base de datos con buques similares al BB1. El análisis de las regresiones proporcionará las dimensiones del BB2

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



El buque a proyectar es un carguero polivalente, por lo que debido al tipo de cargas que transporta se trata de un buque en el que la **variable principal de dimensionamiento** es el **volumen de bodega** [1], por tanto este será su condicionante de diseño.

Puesto que el puntal es la dimensión más barata de construir [2], se favorecerá una disposición de la bodega en la que prime el puntal en el aprovechamiento de su volumen, atendiendo a la estabilidad del buque como criterio limitativo.

## 5 CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA BODEGA

Al ser la variable principal de dimensionamiento del buque el volumen de la bodega, se procederá a evaluar el volumen necesario para la carga de unidades paletizadas en primer lugar, pasando a comprobar la capacidad para graneles en una segunda fase.

### 5.1.- Dimensionamiento de la bodega para carga de pallets

Según la información proporcionada por el armador, las cargas paletizadas se embarcarán sobre pallet del tipo europeo. En las figuras V1/C1-F1 y V1/C1-F2 se muestran las cotas que detallan el pallet denominado europallet.

Se calculará el volumen promedio de un pallet de material de construcción de los típicos a recepcionar a bordo, y se estimarán unas dimensiones promedio de la unidad de carga, a partir de las cuales se calcularán las dimensiones de la bodega.

En el cálculo básico de estimación de las dimensiones de la bodega para transportar los pallets, la restricción principal viene generada por las dimensiones fijas del pallet.

Las **dimensiones de la unidad de carga paletizada** son 1,25 x 0,8 x 1,2; aunque en realidad la altura sufre una cierta variación dependiendo del tipo de carga y del operador logístico o fabricante que lo compone.

Según el armador [3] el requisito de capacidad de carga de pallets se puede fijar en 700 toneladas por viaje.

$$5.600 \text{ t/mes} / 8 \text{ viajes /mes} = 700 \text{ t/viaje}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento

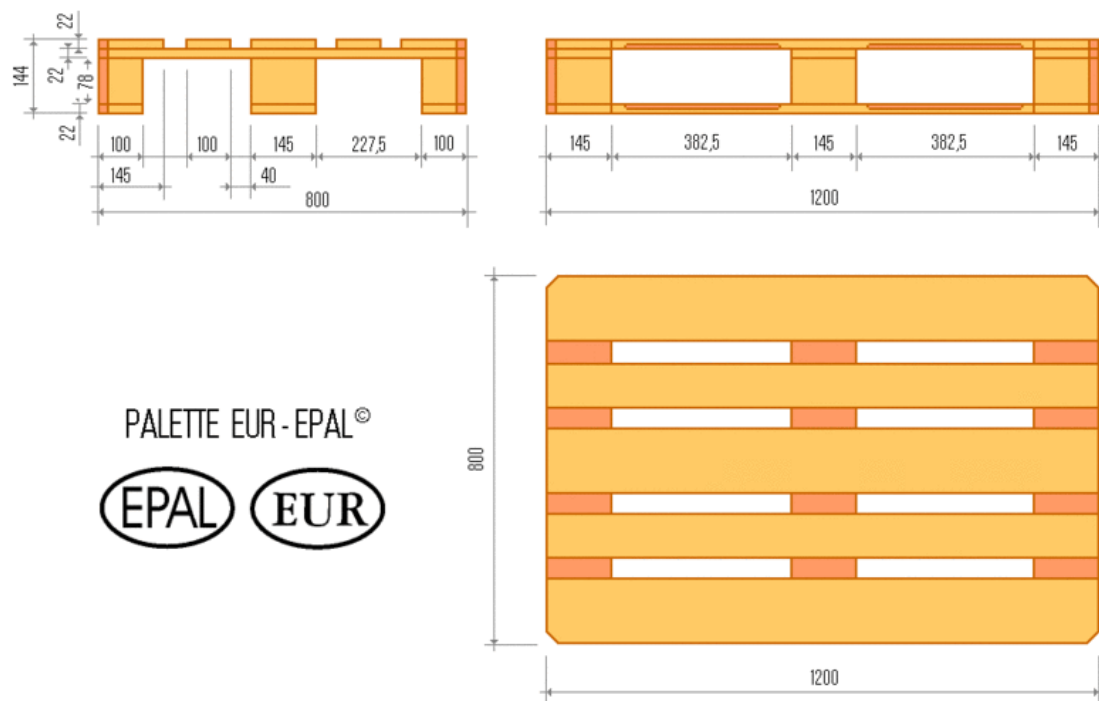


Figura V1/C1-F1 : Dimensiones del Europallet  
Fuente: Logismarket

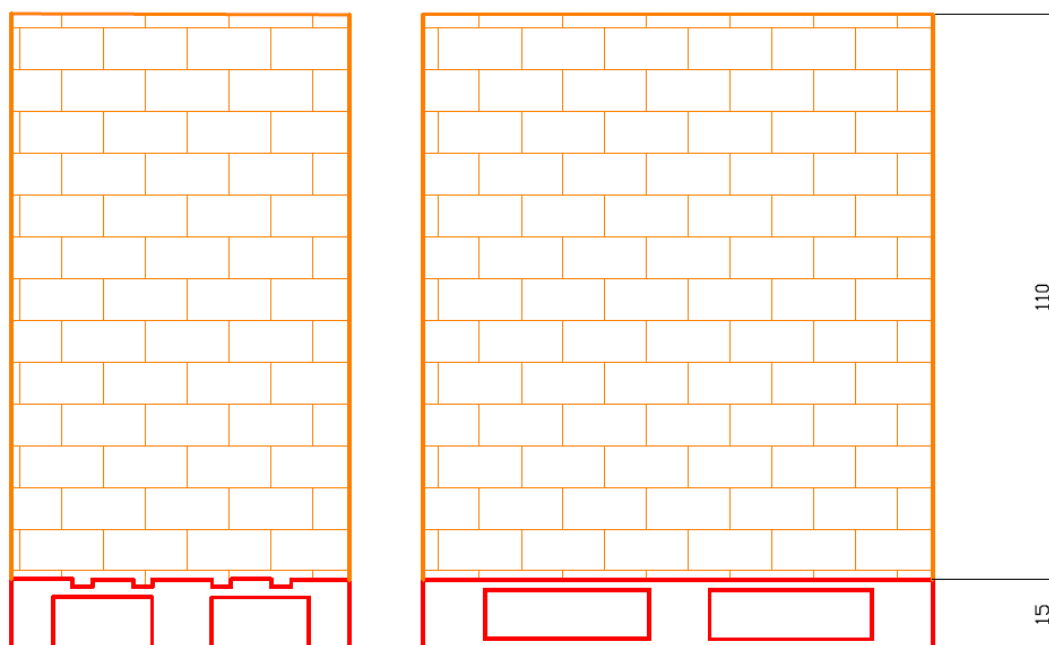


Figura V1/C1-F2 : Dimensiones de la unidad de carga paletizada  
Fuente: Logismarket

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco Arrazola Méndez



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Dimensionamiento***



Calculando las dimensiones de la bodega para cargar 700 toneladas con la carga de mínimo peso específico se garantiza un volumen adecuado para este transporte, de manera que aquellas cargas que presenten un peso específico superior se podrán ubicar en la bodega con toda seguridad, ya que sobrará volumen puesto que el peso estará limitado por el francobordo y por tanto siempre será posible alcanzar las 700 toneladas en cada viaje sin llegar a llenar la bodega.

Por tanto en cada viaje se deben ubicar 700 toneladas con una carga cuyo peso específico sea de 0,767 t/m<sup>3</sup> [4].

Por tanto, tomando las dimensiones standard del europallet, el volumen de cada unidad de carga paletizada incluyendo el pallet resulta:

$$V_{\text{pallet}} = 1.250 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} \times 1.200 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}^3 / \text{pallet}$$

Considerando un peso específico de la carga de 0,767 t/m<sup>3</sup>, el número de pallets a alojar en la bodega en cada viaje es:

$$V_{\text{carga pallets}} = 700 \text{ t} / \text{viaje} / 0,767 \text{ t/m}^3 = 912,4 \text{ m}^3 / \text{viaje}$$

$$N_{\text{pv}} = 912,4 \text{ m}^3 / \text{viaje} / 1,2 \text{ m}^3 / \text{pallet} = 760,34 \text{ pallets} / \text{viaje} \approx 761 \text{ pallets} / \text{viaje}$$

Conocido el número de pallets a transportar en cada viaje se procederá al cálculo de las dimensiones de la bodega.

### **Puntal**

Como ya se indicó, el puntal es la dimensión más barata de construir [5] y es un factor crítico en el diseño de los buques del tipo carga general polivalente, por los que se buscará una solución al volumen de la bodega que optimice esta dimensión. Una vez que esta haya sido fijada se establecerán la manga y el puntal de la bodega.

Existe una limitación adicional para la definición del puntal, la cual viene establecida por la dificultad que se presenta para manejar este tipo de cargas a bordo con seguridad en los procesos de carga y descarga en puerto.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco Arrazola Méndez*

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Dimensionamiento***



La experiencia del armador en este tipo de tráficos entre puertos que carecen de medios de carga y descarga recomienda incorporar a bordo una carretilla elevadora para ayudar a la retroexcavadora instalada en cubierta en la colocación de los pallets. Esta maniobra establece un límite al número pallets a apilar, que para cargas adecuadamente paletizadas es de 4 capas; no siendo siempre recomendable este límite para aquellas cargas que no vienen perfectamente paletizadas, como son los ensacados. En este último caso la maniobra de estiba con la carretilla colocando un apilado de 4 capas puede dar lugar a una pila inestable debido a la irregularidad de la superficie de la cara superior de los pallets.

La altura de una pila de 3 capas de pallets para un europallet promedio de 1,25 metros de altura es de 3,75 metros:

$$H_{3 \text{ capas}}: 3 \text{ capas} \times 1,25 \text{ m/capa} = 3,75 \text{ m}$$

Para cuatro capas quedarían 5 metros:

$$H_{4 \text{ capas}}: 4 \text{ capas} \times 1,25 \text{ m/capa} = 5 \text{ m}$$

Además es conveniente dejar un espacio libre en altura en torno al 50 % de la altura del pallet como mínimo para permitir la manipulación de la última capa.

La altura adicional para la colocación y trincaje de los pallets hace que, en la práctica, el manejo de pilas de cuatro capas no sea recomendable, por lo que se limitará el puntal de la bodega al necesario para apilar 3 capas de cualquier tipo de pallets con seguridad.

En consecuencia, el puntal de la bodega será :

$$D_{\text{bod}} = (3 \cdot 1,25) + (1,25 \cdot 0,50) = 3,75 + 0,625 = 4,375 \text{ m}$$

Redondeando:

$$D_{\text{bod}} = 4,3 \text{ m}$$

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco Arrazola Méndez*



### **Manga - Eslora**

Para hacer una estimación de la manga de la bodega por cálculo directo que permita dar una solución posteriormente a su eslora se ha optado por un análisis del binomio manga-eslora de la bodega a partir de la combinación de las dimensiones del pallet.

Teniendo en cuenta que en cada viaje se deben transportar como mínimo 761 pallets y que el máximo puntal de bodega admite 3 capas, se planteará el análisis para una sola capa, es decir para:

$$\text{Nº Pallets por capa} = 761 \text{ pallets} / \text{viaje} / 3 \text{ capas} / \text{viaje}$$

$$\text{Nº Pallets por capa} = 253,66 \text{ pallets} / \text{capa} \approx 254 \text{ pallets} / \text{capa}$$

De las diferentes opciones de carga, buscando una optimización de la manga en función de la colocación de los pallets se la cual solo permite dos opciones. Se evaluarán los mosaicos ya con la dimensión de 800 mm en el sentido de la manga ya con la de 1.200 mm. Una vez fijado el mosaico más conveniente se obtendrá la eslora de la bodega resultado de esta y del máximo volumen aprovechable de la bodega.

Se ha simulado la combinación de ambas dimensiones en un Excel para seleccionar las dimensiones más convenientes. El resultado se refleja en la tabla V1/C1-T4.

En ausencia de criterios generales en la literatura científica que proporcionen información de aplicación al caso, se opta por la selección de aquella alternativa que proporciona una solución de estiba al mosaico de carga basada en la estiba ajustada según la manga; ya que garantiza la sujeción de la carga en sentido transversal sin ningún trincaje, lo que favorece los tiempos de carga y la seguridad de la navegación.

En este sentido, la solución que resulta más atractiva es la que ubica el pallet con su dimensión de 800 mm en el sentido de la manga ocupando 10 filas, lo que supone una manga máxima de la bodega de 8 metros. De esta manera los pallets quedan estibados contra el costado de la bodega y no necesitan ningún medio de sujeción adicional.

La condición de manga impone 10 filas de 0,8 m de ancho por fila y la condición de 254 pallets por capa impone 25,4 pallets por hilera, lo cual no es posible, hay que

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco Arrazola Méndez*

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



Pallets en la capa	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254
DIMENSIÓN 800 mm EN LA MANGA												
Filas de pallets	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dimensión transversal del pallet (m)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Manga resultante (m)	0,8	1,6	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8	8,8	9,6
ESLORA												
Dimensión longitudinal del pallet (m)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Eslora resultante (m)	304,80	152,40	101,60	76,20	60,96	50,80	43,54	38,10	33,87	30,48	27,71	25,40
Hileras resultantes	254	127	84,67	63,50	50,80	42,33	36,29	31,75	28,22	25,40	23,09	21,17
Pallets en la capa	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254
DIMENSIÓN 1.250 mm EN LA MANGA												
Filas de pallets	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dimensión transversal del pallet (m)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Manga resultante (m)	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,6	10,8	12	13,2	14,4
ESLORA												
Dimensión longitudinal del pallet (m)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Eslora resultante (m)	203,20	101,60	67,73	50,80	40,64	33,87	29,03	25,40	22,58	20,32	18,47	16,93
Hileras resultantes	254	127	84,67	63,50	50,80	42,33	36,29	31,75	28,22	25,40	23,09	21,17

Tabla VI/C1-T4: Evaluación de dimensiones de la bodega

Fuente: elaboración propia

decidir como ubicar el medio pallet de exceso en cada fila, lo que supone un total de 26 pallets por hilera, es decir 260 pallets por capa, es decir 780 pallets en bodega por tanto:

$$P_{pallet} = V_{pallet} \cdot \gamma_{pallet} = 1,2 \text{ m}^3 / \text{pallet} \cdot 0,767 \text{ t} / \text{m}^3 = 0,9206 \text{ t} / \text{pallet}$$

$$780 \text{ pallets} / \text{viaje} \times 0,9206 \text{ t} / \text{pallet} = 718,65 \text{ t} / \text{viaje}$$

Este nuevo porte de 718,65 t/viaje supone un incremento del 0,5 % frente al porte previsto de 715 t/viaje resultantes del cálculo inicial. Esta variación se considera aceptable fijándose finalmente la capacidad de carga del buque a proyectar en:

Porte: 718,65 t / viaje

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



### Dimensiones de la Bodega:

Para fijar las dimensiones finales de la bodega por cálculo directo habrá que considerar el espacio necesario para la manipulación y estiba de la carga en la bodega,. Puesto que las dimensiones del pallet son teóricas es necesario contar con un factor de rendimiento en el aprovechamiento del espacio en torno al 5%, debido al espesor del embalaje y las posibles deformaciones que los pallets puedan presentar en los casos en que no sean de primer uso.

Por tanto a partir de los cálculos efectuados:

$$\text{Eslora de la bodega} = 26 \text{ filas} \times 1,2 \text{ m/fila} \times 1,05 = 32,76 \text{ m}$$

$$\text{Manga} = 10 \text{ hileras} \times 0,8 \text{ m/hilera} \times 1,05 = 8,40 \text{ m}$$

$$\text{Puntal} = 4,3 \text{ m}$$

$$\text{Porte máximo} = 718,65 \text{ t / viaje}$$

$$V_{\text{BODEGA}} = 1.118,291 \text{ m}^3$$

Como consecuencia de los cálculos efectuados se obtiene un valor inicial del mínimo peso específico de la carga homogénea de:

$$\gamma_{\text{hom}} = \frac{718,65 \text{ t}}{1.118,291 \text{ m}^3} = 0,642 \text{ t/m}^3$$

### 5.2.- Dimensionamiento de la bodega para carga de áridos a granel

Se comprueba que para un volumen bodega  $V_{\text{BODEGA}} = 1.118,291 \text{ m}^3$  se pueden cargar sin problema 700 toneladas de áridos.

$$\text{Arena Seca: } 700 \text{ t} \quad \gamma = 1,50 \text{ t/m}^3 \quad \longrightarrow \quad 466,67 \text{ m}^3$$

$$\text{Grava: } 700 \text{ t} \quad \gamma = 1,70 \text{ t/m}^3 \quad \longrightarrow \quad 411,76 \text{ m}^3$$

En ambos casos el volumen requerido para la carga prevista es claramente inferior al volumen de la bodega, por lo que queda garantizada la capacidad de carga de estos graneles.

### 5.3.- Dimensionamiento de la bodega para Big Bag

En este caso los Big Bags contiene áridos cuyo de construcción peso específico está en torno a  $1,5 \text{ t/m}^3$ , valor muy superior al mínimo con el que se han calculado las dimensiones de la bodega.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



Es este caso siempre habrá capacidad para cargar las 700 toneladas previstas en cada viaje, ya que la limitación será el peso y como consecuencia el francobordo y no será el volumen de la bodega.

## 6 CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DEL BUQUE POR MÉTODO DIRECTO: BUQUE BASE 1

El BB1 tiene por objeto facilitar la construcción de una base de datos para obtener las dimensiones del un Buque Base 2, BB2, que permita ajustar las dimensiones del buque a proyectar.

Puesto que la variable principal de dimensionamiento es el volumen de la bodega, a partir de sus dimensiones se establecerán por cálculo directo las dimensiones fundamentales:  $L_{pp}$ , LOA, B y D.

### 6.1.- Estimación de la eslora entre perpendiculares

La eslora entre perpendiculares del BB1 se fija a partir de un proceso analítico [6] como suma de restricciones parciales, es decir suma de la eslora de cada uno los distintos espacios que constituyen el buque.

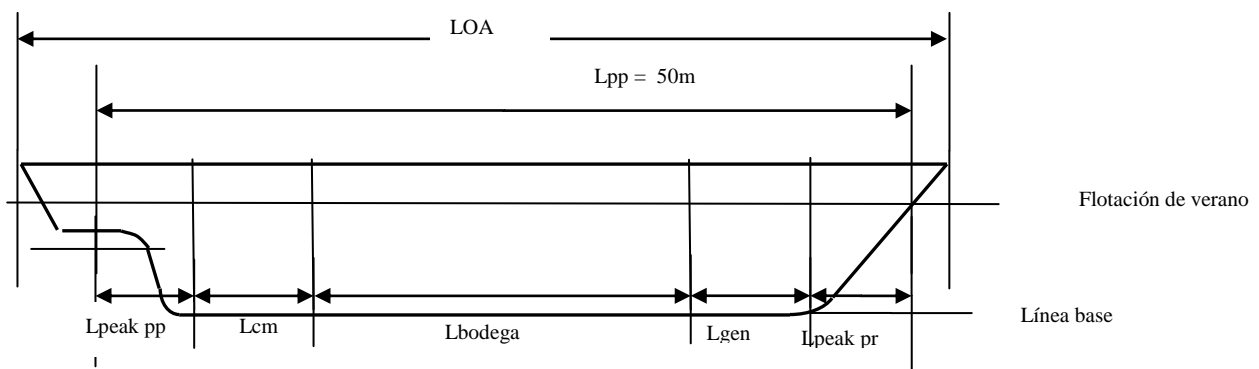


Figura V1/C1-F3 : Definición de esloras en el buque a proyectar  
Fuente: elaboración propia

Como se justificará en el capítulo correspondiente a la definición de la distribución general del buque, este contará con los espacios que se muestran en la figura V1/C1-F3

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



El valor de la eslora entre perpendiculares y el de la eslora total se obtiene como suma de las esloras de cada uno de estos espacios.

Así pues el valor de la  $L_{pp}$  quedará:

$$L_{pp} = L_{Pique\ Popa} + L_{CM} + L_{BOD} + L_{Pañol\ GE} + L_{Pique\ Proa}$$

### 6.1.1.- Eslora del pique de popa

La eslora del pique de popa se estima como un 5,5% de la eslora entre perpendiculares [7].

Es necesario tener una aproximación de la  $L_{pp}$ . Puesto que se parte de las dimensiones de la bodega se aplicará la fórmula de Arkenbout/Schokker [8]:

$$B \geq \frac{L_{pp}}{9} + 3,66$$

La manga del buque será la manga de la bodega mas la dimensión transversal de la estructura, que se puede estimar en 55 cm a cada banda. En este supuesto:

$$B = B_{BOD} + 2 \cdot B_{estructura}$$

$$B = 8,4 + 2 \cdot 0,55 = 9,5 \text{ m}$$

Por tanto:

$$9,5 \geq \frac{L_{pp}}{9} + 3,66 \rightarrow L_{pp} = 53,2 \text{ m}$$

Así pues

$$L_{Pique\ Popa} = 0,055 \cdot L_{pp} = 0,055 \cdot 53,2 = 2,926 \approx 2,97 \text{ m}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez



### 6.1.2.- Eslora de la cámara de máquinas

Se estima utilizando la fórmula aproximada del libro “El proyecto básico del Buque Mercante” [9].

$$L_{CM} = 0,102 \cdot L_{pp}^{0,94} + 0,273 \cdot BHP^{0,375}$$

Se estima la potencia del motor aplicando la ecuación de J Mau [10]

$$BHP = 0,0114 \cdot V^3 \cdot WPM^{0,55}$$

$$BHP = 0,0114 \cdot 10^3 \cdot 764,4^{0,55} = 439 \text{ BHP}$$

Como resultado se obtiene:

$$L_{CM} = 0,102 \cdot 53,2^{0,94} + 0,273 \cdot 439^{0,375} = 6,948 \text{ m} \approx 6,95 \text{ m}$$

### 6.1.3.- Eslora de la bodega

Es el valor de partida:  $L_{BOD} = 32,76 \text{ m}$

### 6.1.4.- Eslora del pañol del generador de emergencia

Según los diferentes fabricantes, se estima que en potencias de accionamiento por debajo de los 75 kW será suficiente para permitir el mantenimiento del generador de emergencia que la eslora del espacio destinado a este servicio se encuentre entre los 3 y los 4 metros; se tomará la medida intermedia:

$$L_{Pañol \text{ GE}} = 3,5 \text{ metros}$$

Este espacio podrá aprovecharse adicionalmente con diversas aplicaciones como pueden ser pañol de cabullería de proa y también pañol para la ubicación de material de trincaje.





En un estado más avanzado del proyecto se podrá verificar si este espacio podrá dotarse de volumen suficiente para servir como local para el almacenamiento del material de estiba.

### 6.1.5.- Eslora del pique de proa

Según SOLAS [11], debe estar comprendida entre un mínimo del 5% de la eslora entre perpendiculares y un máximo del 8% de la eslora entre perpendiculares,  $L_{pp} = 53,2$  m.

$$0,05 \cdot L_{pp} \leq L_{Pique Proa} \leq 0,08 \cdot L_{pp}$$

$$2,66 \leq L_{Pique Proa} \leq 4,26$$

Se tomará como longitud del rasel de proa un promedio de su rango:

$$L_{Pique Proa} = 2,66 + \left( \frac{4,26 - 2,66}{2} \right) = 3,46 \text{ metros}$$

posteriormente, se verificará si esta dimensión es adecuada

Según los cálculos previos, la eslora entre perpendiculares queda como sigue.

$$L_{pp} = L_{Pique Popa} + L_{CM} + L_{BOD} + L_{Pañol GE} + L_{Pique Proa}$$

$$L_{pp} = 2,97 + 6,95 + 32,76 + 3,5 + 3,46 = 49,64 \text{ metros}$$

### 6.2.- Cálculo de la manga

La manga del buque será la manga de la bodega mas la dimensión transversal de la estructura, que se puede estimar en 55 cm a cada banda. En este supuesto:

$$B = B_{BOD} + 2 \cdot B_{estructura}$$

$$B = 8,4 + 2 \cdot 0,55 = 9,5 \text{ m}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez



### 6.3.- Cálculo del puntal

Se calcula el puntal del buque a partir del puntal de la bodega calculado previamente, añadiendo la altura del doble fondo.

La altura de la bodega se ha fijado en el cálculo directo en  $D_{bod} = 4,3$  metros

Las reglas del DnV establecen que la altura de los tanques de doble fondo, que para buques de eslora inferior a 100 m es:

$$h_{D/F} = 1.000 + B/20 \text{ mm}$$

y no será inferior a 760 mm. También indica textualmente que “the height is to be sufficient to give good access to all parts of the double bottom” [12]. Se toma como altura para este cálculo 1,2 metros, que permite un acceso seguro para los casos de inspección.

$$h_{D/F} = 1,2 \text{ metros}$$

Con estas dos alturas obtiene el puntal del buque.

$$D = D_{Bodega} + h_{D/F}$$

$$D = 5,50 \text{ metros}$$

### 6.4.- Cálculo del calado

Para realizar el cálculo del calado se parte de la condición inicial estimada de calado comprendido entre 3 y cuatro metros. Tomando la media resulta un calado de de 3,50 m.

Como consecuencia se obtiene un francobordo de 2 metros. Más adelante se deberá de realizar el cálculo más exacto del francobordo para que cumpla el Convenio Internacional sobre líneas de carga de 1966, pero para ello será necesario tener más avanzado el proyecto y las formas del buque.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



### 6.5.- Resumen de dimensiones del BB1

Como resultado del proceso de dimensionamiento previo mediante la aplicación de fórmulas de cálculo directo se obtienen las dimensiones que se recogen a continuación en la tabla V1/C1-T5

DIMENSIÓN	BUQUE BASE
	1
Eslora - $L_{pp}$	49,64 m
Manga - $B$	9,5 m
Puntal - $D$	5,5 m
Calado - $T$	3,5 m
Francobordo – FB	2 m

Tabla V1/C1-T5: Dimensiones del BB1  
Fuente: elaboración propia

## 7 CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DEL BUQUE MEDIANTE REGRESIONES CON BASE DE DATOS: BUQUE BASE 2

Partiendo de las dimensiones fundamentales obtenidas para el BB1 se enfoca en torno a ellas la búsqueda de buques de características similares que permitan construir una base de datos fiable a partir de la cual será posible obtener un nuevo conjunto de dimensiones más ajustado que definirá al que se denominará Buque Base 2, BB2.

Puesto que el puntal de la bodega es la variable relevante para el dimensionamiento, se construirán un conjunto de regresiones enfocadas a concretar al máximo las dimensiones que definen al buque en función del volumen de bodega. Para ello se analizarán las regresiones :

- $L_{pp} / V_{\text{Bodega}}$
- $B / V_{\text{Bodega}}$
- $D / V_{\text{Bodega}}$
- $T / V_{\text{Bodega}}$
- $L_{pp}/B / V_{\text{Bodega}}$
- $L_{pp}/D / V_{\text{Bodega}}$
- $L_{pp}/T / V_{\text{Bodega}}$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Dimensionamiento***



Del análisis conjunto de ambos buques, BB1 y BB2, en función de los rangos de validez de las relaciones resultantes  $L/B$ ,  $B/T$ ,  $B/D$  y  $T/D$ , se fijarán las dimensiones del buque base, BB.

No ha sido posible acceder a los valores de los coeficientes de forma de los buques que configuran la base de datos, por lo que resulta imposible obtenerlos a partir de regresiones y efectuar los ajustes necesarios con posterioridad. Por tanto se han fijado, a partir de regresiones, las dimensiones del buque base y una vez conocidas estas se han calculado los coeficientes de forma.

Así pues, una vez fijadas las dimensiones del BB se calcularán sus coeficientes de forma:  $C_B$ ,  $C_P$ ,  $C_M$ ,  $C_{WL}$  y  $X_B$ . Los valores obtenidos para los coeficientes de forma deberán encontrarse dentro de los rangos de validez generalmente aceptados para este tipo de buques.

Caso de no ser así en alguno de los coeficientes, éste se ajustará al rango y se realizará un nuevo bucle de cálculo y así sucesivamente, hasta llegar a un conjunto de valores de las dimensiones que proporcionen la adecuada solución de compromiso capaz de cumplir con los requisitos técnicos y de explotación demandados por el armador.

Obtenidos estos valores se dará por finalizado el proceso de búsqueda de dimensiones y coeficientes del BB, el cual será sometido a un proceso de optimización que dará lugar a un buque definitivo o buque proyecto, BP.

## **7.1.- Búsqueda de buques similares. Definición de la base de datos**

Se ha realizado una búsqueda de buques similares utilizando “Veristar”, [W1] También se ha utilizado la aplicación “Equasis” [W2].

De todos los barcos que se han seleccionado para la base de datos finalmente se han incluido aquellos cuyas dimensiones se encuentran más próximas a las del BB1 y de los cuáles se disponía de los datos necesarios.

Al ser el volumen de bodega la variable principal de dimensionamiento, las regresiones se han efectuado sobre la base de este dato. El problema surge cuando se comprueba que el volumen de bodega no se incluye en los datos publicados de los buques, por lo que ha sido necesario estimarlo a partir del dato asociado publicado que es el peso muerto.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco Arrazola Méndez*



### 7.1.1. – Ajuste del peso muerto al volumen de la bodega

Las componentes del peso muerto [13] son la carga útil ( $C_U$ ), los consumos del buque ( $C_{SB}$ ), el peso de los pertrechos ( $P_T$ ) y el peso de la tripulación ( $D_{OT}$ ) :

$$P_M = C_u + C_{SB} + P_T + D_{OT}$$

Debido a la gran dispersión que existe en la realidad en el valor de los pesos de las componentes del peso muerto en diferentes buques; para establecer un marco de referencia, puesto que se están buscando buques de características similares, se evaluará el peso de los consumos del buque y la tripulación mas los pertrechos para el buque objeto del proyecto y se fijará como un porcentaje, el cual se descontará del valor del peso muerto total.

Descontando este porcentaje de consumos y pertrechos en el peso muerto de los buques a incluir en la base de datos se puede estimar el porte, es decir a la capacidad de carga útil, a partir del dato del peso muerto lo que permite conseguir a partir del peso muerto el volumen de la bodega; dato fundamental en la construcción de la base de datos.

Para este cálculo se tomará como autonomía fijada en los requisitos del buque de 3.000 millas náuticas

En el estado actual del proyecto es prácticamente imposible estimar estos datos con un grado de aproximación elevado, se hará una estimación a la luz de la información y del grado de precisión que se dispone en este momento.

El cálculo se hará a partir de los requisitos exigido por el armador al BP, para una autonomía de 3.000 millas náuticas a la velocidad de proyecto de  $v = 10 \text{ Kn}$ .

Por tanto la duración del viaje más largo o 'Trip máximo será:

$$Trip = \frac{Range}{v} = \frac{3.000 \text{ nm}}{10 \text{ Kn}} = 300 \text{ h} = 12,5 \text{ días}$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



### a) Carga útil, $C_U$

La carga útil ha sido fijada por el armador como un requisito del buque, resultando ser de 718,65 t.

$$C_U = 718,65 \text{ t}$$

### b) Cálculo de peso de los consumos del buque, $C_{SB}$

Los consumos del buque,  $C_{SB}$ , están referidos a los consumos de cámara de máquinas engloba los consumos de combustible,  $C_{COMB}$ , y el de aceite,  $C_{ATE}$ , del motor principal. Ambos dependen de la potencia instalada, y el tipo de propulsor.

$$C_{SB} = C_{COMB} + C_{ATE}$$

En el cálculo de la eslora de la cámara de máquinas se obtuvo un MCR = 439 kW al aplicar la fórmula de J. Mau. Es razonable pensar que esta potencia es algo justa, aunque ahora se utilizará este valor, ya que no se dispone de otro más fiable.

El consumo específico de combustible depende del tipo de propulsor instalado. Es razonable estimar que en un buque de las características del BP el propulsor será un motor diesel semi rápido de 4 tiempos. En estas condiciones se puede contar con un  $C_e$  del MP en torno [14] a los 200 gr/kW·h.

Por tanto, el peso de combustible que garantiza la autonomía será:

$$C_{COMB} = MCR \cdot C_e \cdot Trip = 439 \text{ kW} \cdot 200 \frac{\text{gr}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 300 \text{ h} = 26,34 \text{ t}$$

El peso del combustible aquí calculado podrá variar en fases más avanzadas del proyecto, cuando se haya fijado con exactitud la potencia del motor propulsor.

El peso del aceite,  $C_{ATE}$ , se considerará como un 3% del peso del combustible [15] para propulsión:

$$C_{ATE} = 0,03 \cdot C_{COMB} = 0,03 \cdot 26,34 \text{ t} = 0,79 \text{ t}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



Por tanto:

$$C_{SB} = 26,34 t + 0,79 t = 27,13 t$$

### c) Peso de los pertrechos $P_T$

El peso de los pertrechos es muy variable, no habiendo una regla para ello. Incluye todo aquello que el armador considera necesario. Se tomará un peso de 1,5t para este concepto y 1t mas en concepto de almacén de pintura y cabullería, en total 2,5 toneladas.

$$P_T = 2,5 t$$

### d) Cálculo de peso de los consumos de la tripulación $D_{OT}$

Los consumos de la tripulación,  $C_{TR}$ , incluyen, el agua dulce potable y los víveres.

El consumo de agua potable,  $C_{AGP}$ , se puede estimar en 150 litros al día por tripulante y el de víveres,  $C_{ALIM}$ , en 5 kgs al día, por lo que la suma de estas dos partidas, para una dotación estimada de 6 tripulantes alcanza un valor total diario de 930 kg/día [16].

Para completar los pesos correspondientes a la tripulación, hay que incluir el peso propio de la tripulación misma [17],  $C_{PAX}$ , el cual se puede estimar en 125 kg por cada tripulante.

$$D_{OT} = C_{TR} + C_{PAX}$$

Finalmente, tanto el consumo de agua potable y víveres queda como el de la:

$$C_{TR} = [C_{AGP} + C_{ALIM}] \cdot Trip = 0,93 t/d \cdot 12,5 d = 11,625 t$$

$$C_{PAX} = 0,125 t/pax \cdot 6 pax = 0,750 t$$

Por tanto:

$$D_{OT} = 11,625 t + 0,750 t = 12,375 t$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



Por tanto el Peso muerto estimado del buque a proyectar es de:

$$P_M = C_u + C_{SB} + P_T + D_{OT}$$

$$P_M = 718,65 + 27,13 + 2,5 + 12,375 = 718,65 + 42,005 = 760,655 \text{ t}$$

Siguiendo el modelo de la estimación, aquellas componentes del peso muerto que no son carga útil representan aproximadamente el 5,53% del total.

Se aplicará esta estimación al diseño de la base de datos, buscando buques similares a BB1 cuyo peso muerto esté en torno a:

$$P_{M-A} = 760,655 \cdot 0,9447 = 718,65 \text{ t}$$

Este “Peso Muerto Ajustado”,  $P_{M-A}$ , es en realidad una estimación de la carga útil del buque a partir de su peso muerto descontando el resto de las partidas que lo forman. Por tanto se construirá la base de datos tomando para ello los datos de peso muerto publicados de buques existentes y corregirlos con el factor de corrección estimado  $F_{\text{CORR-PM}} = 94,47\%$

Estos valores del “Peso Muerto Ajustado” se pueden homogeneizar como volumen de bodega tomando como peso específico de referencia el mínimo peso específico de la carga homogénea que se ha obtenido en el epígrafe 4.1 de este capítulo en el cálculo de la bodega del buque a proyectar:

$$\gamma_{\text{hom}} = 0,642 \text{ t/m}^3$$

Por tanto en la transformación de peso muerto a volumen de bodega se construirá con aquellos buques cuyo “Volumen de Bodega Ajustado” resulte:

$$V_{\text{BOD-A}} = \frac{P_{M-A}}{\gamma_{\text{hom}}} = \frac{718,86 \text{ t}}{0,642 \text{ t/m}^3} = 1.119,719 \text{ m}^3$$

Se construirá una base de datos cuya media esté centrada en un valor del “Volumen de la Bodega Ajustado”,  $V_{\text{BOD-A}} = 1.119,719 \text{ m}^3$ , con una desviación sobre este dato de referencia de  $\pm 20\%$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



### 7.1.2. – Base de datos

BUQUE	Eslora (m)		Manga (m)	Calado (m)	Puntal (m)	PESO MUERTO (t)	FACTOR DE AJUSTE DEL PESO MUERTO	PESO MUERTO AJUSTADO (t)	VOLUMEN DE BODEGAS (m3)
	Loa	Lpp	B	T	D	P <sub>M</sub>	F <sub>CORR-PM</sub>	P <sub>M-A</sub>	V <sub>BOD-A</sub>
AASTIND	68,04	60	11,4	5,01	5,8	1.929,84	0,9447	1.823,12	2.839,75
AL JABER XI	48,21	43,8	12	2,11	3	365,06	0,9447	344,87	537,18
ARDENT	54,77	51,89	9,4	3,58	4,33	895,02	0,9447	845,52	1.317,01
CAP ST GEORGES	49,75	44,45	8,3	3,46	5,5	394,65	0,9447	372,83	580,73
CASAMANCE	49,75	44,45	8,3	3,44	5,5	394,65	0,9447	372,83	580,73
CASQUE D'OR	55	53	12	2,67	3,6	1.001,07	0,9447	945,72	1.473,08
CHARIOT	54,9	50,75	9,6	4,51	5,6	795,77	0,9447	751,76	1.170,96
DANICA BROWN	62,6	57,8	10,2	4,5	5,6	1.583,74	0,9447	1.496,16	2.330,46
DANICA GREEN	60	54,8	9,6	3,4	5,6	1.194,57	0,9447	1.128,51	1.757,80
DANICA RED	60	54,61	9,6	3,88	5,6	1.172,82	0,9447	1.107,96	1.725,79
DANICA WHITE	61,55	58,2	10,2	4,5	5,6	1.642,60	0,9447	1.551,76	2.417,07
DORY	46,16	42,85	9,5	3,89	6,76	325,07	0,9447	307,09	478,34
FINNOYBULK	49,85	45,12	10,1	3,92	5,6	427,16	0,9447	403,54	628,56
FOSENBULK	59,52	55,65	9,8	3,24	3,8	1.295,92	0,9447	1.224,26	1.906,94
HASLVIK III	54,9	50	9,6	3,65	5,6	735,48	0,9447	694,81	1.082,26
HAVBLIK	61,45	55,66	9,85	4,72	5,6	1.297,16	0,9447	1.225,42	1.908,76
KAZIM DADAYLI	54	48	9	3,9	4,47	592,61	0,9447	559,84	872,03
KLEVSTRAND	71,17	66,01	13,21	3,021	5,84	3.198,00	0,9447	3.021,15	4.705,84
KRYSSHOLM	58,76	55	11	3,76	6,7	1.217,82	0,9447	1.150,47	1.792,01
LADY GERALDINE	61	52,87	12	2,41	3,31	988,15	0,9447	933,51	1.454,06
LARK	58,27	54,7	9,4	3,89	4,75	1.183,08	0,9447	1.117,66	1.740,90
LONG ISLAND	63	59,8	9,4	3,4	4,05	1.896,05	0,9447	1.791,20	2.790,02
MARINE PEACE	58,5	53,95	9,5	4,3	5,25	1.099,74	0,9447	1.038,92	1.618,26
NORBAR BAR	82	77	11	4,45	5,67	7.223,48	0,9447	6.824,02	10.629,31
PABEN	54,98	50,65	9,3	3,54	5,5	787,50	0,9447	743,95	1.158,81
VARGOY	55,3	50,8	11	4	6,7	799,92	0,9447	755,69	1.177,08
VARUA VAIKAVA	49,75	44,3	8,3	3,72	5,5	387,65	0,9447	366,22	570,43

Tabla V1/C1-T6: Base de datos de Buques similares al buque a proyectar  
Fuente: Elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



## 7.2.- Regresiones

El objetivo del uso de las regresiones es fijar las dimensiones principales del buque base denominado BB2 a partir de los datos de buques reales obtenidos en repositorios públicos de la industria.

Puesto que la variable principal de dimensionamiento es el volumen de la bodega, se efectuarán un conjunto de regresiones a partir de este dato sobre los buques que forman la población elegida.

Se parte del dato del peso muerto, el cual se ajusta aplicando el factor de corrección de peso muerto  $F_{\text{CORR-PM}}$ . Obteniéndose la columna de Peso Muerto Ajustado, que corresponde a la carga útil que puede transportar el buque. Finalmente se convierte en volumen de bodega dividiéndolo por el mínimo peso específico de la carga homogénea que se ha obtenido en el epígrafe 4.1 de este capítulo en el cálculo de la bodega del buque a proyectar.

A partir de las distintas regresiones se obtendrá un conjunto de ecuaciones en las que se introducirá el valor del Volumen de la bodega obtenido anteriormente por cálculo directo:  $V_{\text{Bodega}} = 1.118,291 \text{ m}^3$ , para obtener las dimensiones del BB2.

Para ello se trabajará con las siguientes regresiones:

- $L_{pp} / V_{\text{Bodega}}$
- $B / V_{\text{Bodega}}$
- $D / V_{\text{Bodega}}$
- $T / V_{\text{Bodega}}$

Seguidamente se efectuarán **tres regresiones de ajuste** sobre parámetros adimensionalizados para validar los valores de las dimensiones del BB2 obtenidas de las regresiones directas.

- $(L_{pp} / B) / V_{\text{Bodega}}$
- $(L_{pp} / D) / V_{\text{Bodega}}$
- $(L_{pp} / T) / V_{\text{Bodega}}$

Finalmente se fijarán las dimensiones definitivas del BB2.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



7.2.1.- Regresiones directas,

**Regresión Lpp / VBodega**

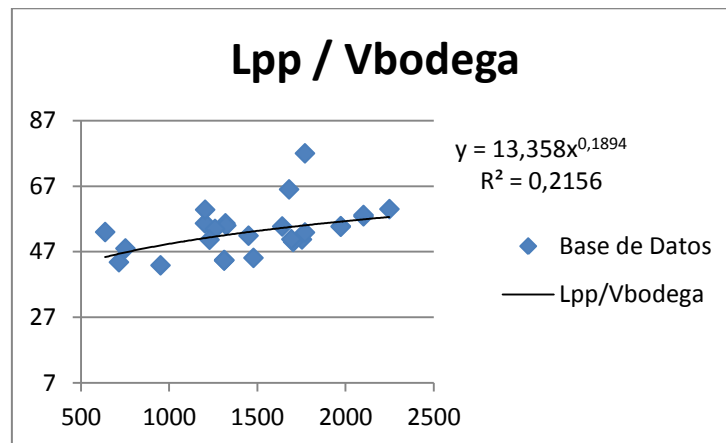


Figura V1/C1-F4: Gráfica de regresión Lpp -  $V_{Bodega}$   
Fuente: Elaboración propia

$$L_{pp} = 13,35 \cdot V_{Bodega}^{0,189}$$

$$L_{pp} = 49,81 \text{ metros}$$

**Regresión B/  $V_{Bodega}$**

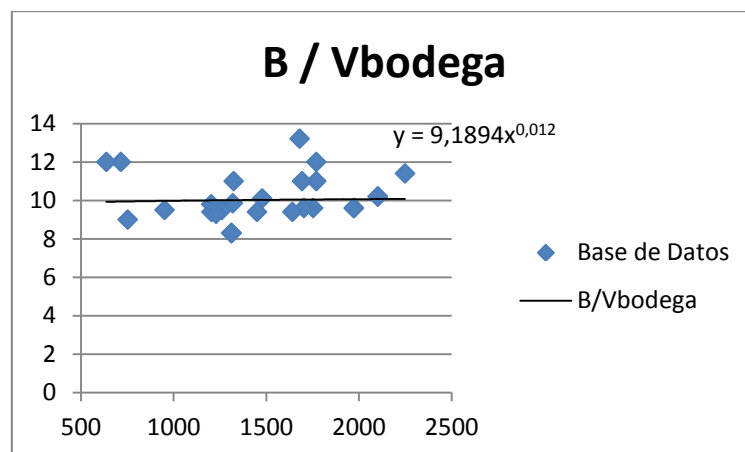


Figura V1/C1-F5 : Gráfica de regresión B -  $V_{Bodega}$   
Fuente: Elaboración propia

$$B = 9,189 \cdot V_{Bodega}^{0,012}$$

$$B = 9,99 \text{ metros}$$

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco Arrazola Méndez



### Regresión $D/V_{Bodega}$

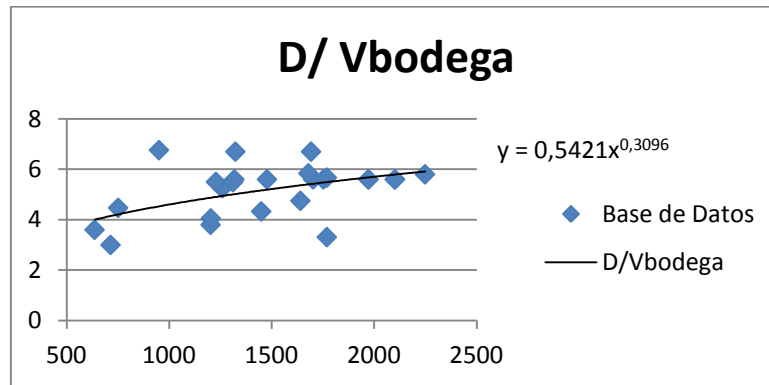


Figura V1/C1-F6 : Gráfica de regresión  $D - V_{Bodega}$   
Fuente: Elaboración propia

$$D = 0,549 \cdot V_{Bodega}^{0,309}$$

$$D = 4,38 \text{ metros}$$

### Regresión $T/V_{Bodega}$

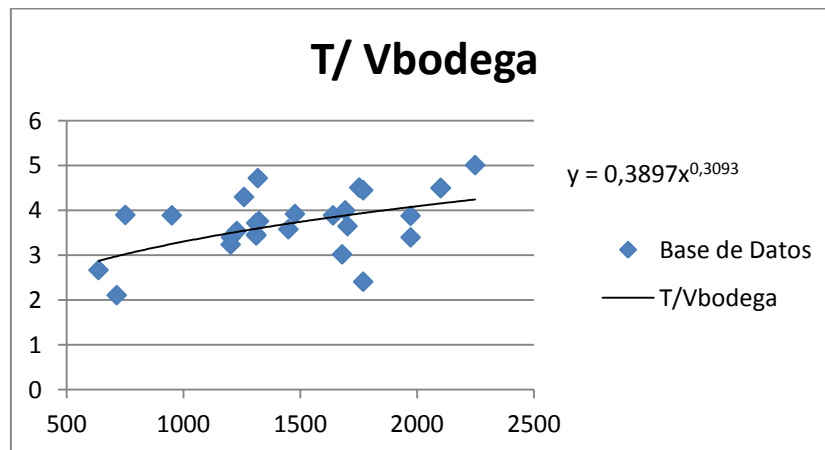


Figura V1/C1-F7 : Gráfica de regresión  $T - V_{Bodega}$   
Fuente: Elaboración propia

$$T = 0,389 \cdot V_{Bodega}^{0,309}$$

$$T = 3,35 \text{ metros}$$

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco Arrazola Méndez



### 7.2.2.- Regresiones de relaciones

#### Regresión $[L_{pp}/B]$ / $V_{Bodega}$

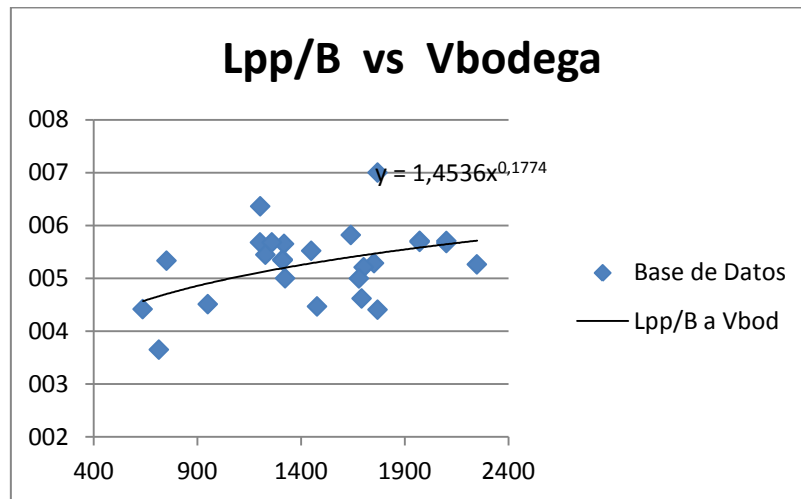


Figura VI/C1-F8: Gráfica de regresión  $L/B$  -  $V_{Bodega}$   
 Fuente: Elaboración propia

$$L_{pp}/B = 1,453 \cdot V_{Bodega}^{0,177}$$

$$L_{pp}/B = 4,986$$

Al comparar la relación  $L_{pp}/B = 4,986$  obtenida en la regresión con la relación

$L_{pp}/B = 4,9859 \sim 4,986$  obtenida a partir de la eslora entre perpendiculares y la manga

resultantes de las regresiones directas de eslora y manga se comprueba es el prácticamente el mismo valor, lo cual valida el resultado obtenido de eslora y manga en las regresiones directas siendo aceptable fijar:

$$L_{pp} = 49,81 \text{ m}$$

$$B = 9,99 \text{ m}$$

Se utilizarán estos valores de la LPP y la B para obtener el resto de dimensiones

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



## Regresión [Lpp/D] / VBodega

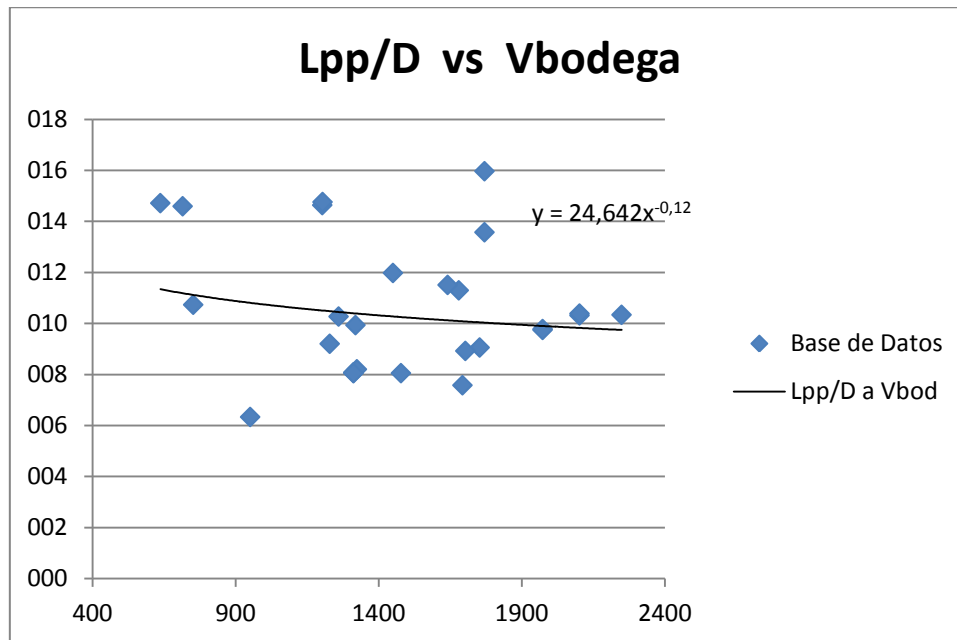


Figura VI/C1-F9 : Gráfica de regresión L/D -  $V_{Bodega}$   
Fuente: Elaboración propia

$$L_{pp}/D = 24,64 \cdot V_{Bodega}^{-0,12}$$

$$L_{pp}/D = 10,680$$

$$L_{pp}/D = 10,680 \leftrightarrow D = \frac{L_{pp}}{10,680} = \frac{49,81}{10,680} = 4,663 \text{ m}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez



## Regresión [Lpp/T] / VBodega

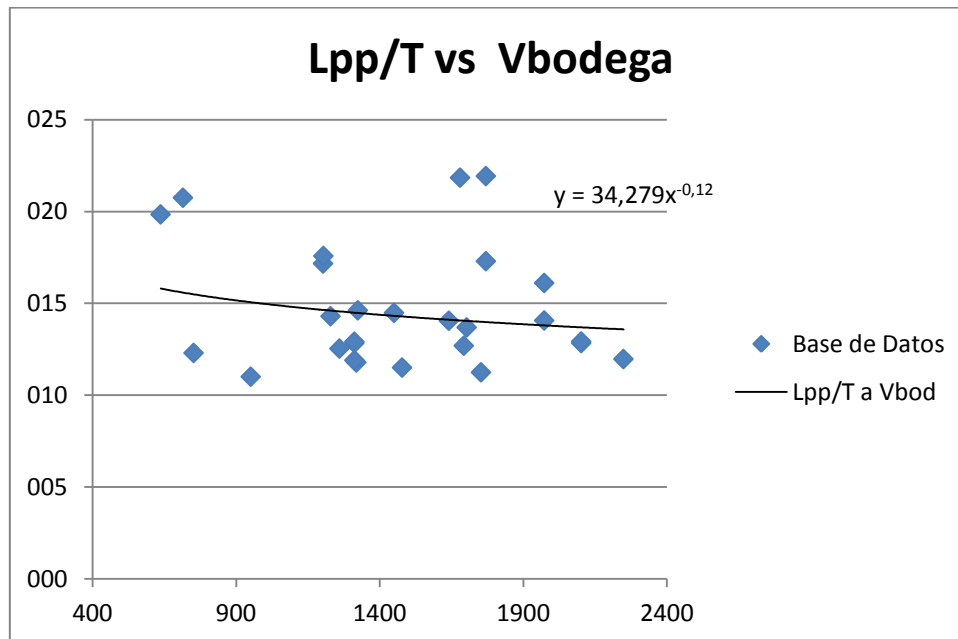


Figura V1/C1-F10 : Gráfica de regresión L/T - V<sub>Bodega</sub>  
Fuente: Elaboración propia

$$L_{pp}/T = 34,27 \cdot V_{Bodega}^{-0,12}$$

$$L_{pp}/T = 14,854$$

Análogamente:

$$L_{pp}/T = 14,854 \leftrightarrow T = \frac{L_{pp}}{14,854} = \frac{49,81}{14,854} = 3,353 \text{ m}$$

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco Arrazola Méndez



### 7.3.- Resumen de dimensiones del BB2

Las dimensiones obtenidas por las regresiones son:

	<b>LPP</b>	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>T</b>
<b>Regresiones directas</b>	49,81	9,99	4,38	3,35
<b>Regresiones de relaciones</b>	49,81	9,99	4,66	3,35

Tabla V1/C1-T7: Dimensiones del BB2  
Fuente: Elaboración propia

Como se vio en epígrafe 5.1 de este capítulo, correspondiente al dimensionamiento de la bodega, el puntal de bodega se fijó en 4,3 m, lo que implica según quedó establecido en el epígrafe 6.5 un puntal del buque no inferior a 5 m.

Teniendo en cuenta esta restricción impuesta por el volumen de bodega necesario para garantizar el porte previsto y como se vio en el epígrafe 6.5 el valor mínimo del puntal del doble fondo es de  $D_{D/F} = 700$  mm; en ninguno de los casos, descontando  $D_{D/F}$  del puntal del buque se garantiza el porte.

Puesto que el buque no admite un puntal inferior a 5 m y como ambos quedan por debajo del valor mínimo establecido se adoptará este como puntal el valor más cercano a los obtenidos en la regresión compatible con las restricciones de capacidad de carga y reglas, que es  $D = 5$  m.

$$L_{pp} = 49,81 \text{ metros}$$

$$B = 9,99 \text{ metros}$$

$$D = 5,0 \text{ metros}$$

$$T = 3,35 \text{ metros}$$

## 8 BUQUE BASE

El objetivo es generar las dimensiones de un Buque Base partiendo de las dimensiones obtenidas por el cálculo directo, BB1, y las alcanzadas mediante regresiones, BB2.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



Las dimensiones definitivas del BB se obtendrán por análisis de las relaciones  $L/B$ ,  $B/T$ ,  $B/D$ ,  $T/D$  de BB1 y BB2, así como sus correspondientes números de Froude, optando por una solución que se encuentre dentro del rango aceptado para el tipo de buque costero polivalente.

Una vez ajustado el buque base a partir de BB1 y BB2, se procederá a efectuar un proceso de optimización para obtener aquel buque cuya Cifra de Mérito resulte óptima, que será el buque objeto del proyecto, BP.

DIMENSIÓN	Buque base 1 CALCULO DIRECTO	Buque Base 2 REGRESIONES
Eslora - $L_{pp}$	49,66 m	49,81 m
Manga - $B$	9,30 m	9,99 m
Puntal - $D$	5,50 m	5 m
Calado - $T$	3,50 m	3,35 m
Francobordo - FB	2,00	1,65 m

Tabla V1/C1-T8: Dimensiones BB1, BB2  
Fuente: Elaboración propia

	$F_r$ 0,18 < $F_r$ < 0,22	$L/B$ 5,5 < $L/B$ < 6,5	$B/T$ 2,3 < $B/T$ < 2,8	$B/D$ 1,5 < $B/D$ < 1,8	$T/D$ Libre	$L/D$ $L/D$ < 15
BB1	0,23	5,34	2,65	1,69	0,63	9
BB2	0,23	4,98	2,98	1,99	0,67	9,96

Tabla V1/C1-T9: Factores adimensionales BB1, BB2  
Fuente: Elaboración propia

Como se desprende de la tabla V1/C1-T9, tanto BB1 como BB2 se encuentran fuera de rango en algunos de los coeficientes. Se ajustarán las dimensiones para obtener unos valores de estas que hagan quedar los coeficientes adimensionales dentro del rango aceptado para el tipo de buque costero polivalente.

Puesto que BB1 presenta una mayor aceptación en los factores adimensionales se ajustará el buque base partiendo de este buque

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



La relación  $L/B$  [18] se mantiene dentro de un rango en función del número de Froude. que se fija una frontera entre buques medios-lentos, cargueros y medios – rápidos, tipo portacontenedor para  $F_r < 0,22$ . Se optará por la relación  $L/B$  correspondiente al tipo de buque medio-lento, carguero, buscando las dimensiones que se ajustan al rango

Se ajusta la  $L_{pp}$  para que el número de Froude quede en el límite de  $F_r = 0,22$ ; lo que implica una  $L_{pp} = 51$  m

Incrementando la LPP hasta 51 m se entra en el rango de  $F_r$ . En este caso para cumplir con  $L/B > 5,5$  sería necesaria una manga  $B = 9,27$  m. En estas condiciones se obtienen unos valores de  $L/B$  para BB.

Para la relación  $B/T$  [19], con una manga de  $B = 9,27$  m y un calado  $T=3,5$  m queda  $B/T = 2,648 \approx 2,65$ . Valor que queda dentro del rango de valides para este parámetro.

En estas condiciones, la relación  $B/D$  [20] resulta  $B/D = 1,85$ , lo cual queda fuera de rango, aunque la referencia indica claramente que no es inconveniente alcanzar valores por encima de 1,8, por lo que se dará por válido.

La relación  $T/D$  se considera libre [21], por lo que se tomará el resultado correspondientes a las dimensiones de  $T$  y  $D$  ya fijados:  $T = 3,5$  m;  $D = 5$  m

La relación  $L/D$  está limitada a valores en torno a 15 ó 16, según diferentes sociedades de clasificación [22]. El valor adquirido de  $L/D = 10,2 < 15$  es válido

En el proceso previo se han obtenido unas dimensiones que proporcionan un conjunto de factores adimensionales dentro de rango, como se muestra en la tabla V1/C1-T10

	<b>FN</b> <b>0,18 &lt;Fn &lt;0,22</b>	<b>L/B</b> <b>5,5 &lt;L/B&lt;6,5</b>	<b>B/T</b> <b>2,3&lt;B/T&lt;2,8</b>	<b>B/D</b> <b>1,5&lt;B/D&lt;1,8</b>	<b>T/D</b> <b>Libre</b>	<b>L/D</b> <b>L/D&lt;15</b>
<b>BB</b>	0,22	5,5	2,65	1,85	0,7	10,2

Tabla V1/C1-T10: Factores adimensionales BB  
Fuente: Elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



Efectuando una sencilla comprobación,  $T/D \cdot B/T = 0,7 \cdot 2,65 = 1,85 = B/D$ , se verifica la coherencia existente entre las relaciones y por tanto entre las dimensiones seleccionadas para BB2.

Las dimensiones correspondientes son las que se seleccionan como dimensiones del BB, las cuales se incluyen la tabla V1/C1-T11

DIMENSIÓN	BUQUE BASE
Eslora - $L_{pp}$	51 m
Manga - $B$	9,27 m
Puntal - $D$	5 m
Calado - $T$	3,5 m
Francobordo – FB	1,5 m

Tabla V1/C1-T11: Dimensiones del Buque Base  
Fuente: elaboración propia

## 9 OPTIMIZACIÓN DEL BUQUE BASE

Una vez obtenido un Buque Base capaz de reunir todos los requisitos del proyecto se procederá a optimizarlo. Para ello se buscará la combinación de dimensiones que optimiza una cierta cifra de mérito del buque.

Por lo tanto, en primer lugar, se definirá la cifra de mérito sobre la que optimizar el buque

### 9.1.- Criterio de evaluación. Cifra de Mérito

La selección de la cifra de mérito se apoya en la identificación de aquella característica del proyecto que lo hace óptimo y maximizarla.

En todo proyecto industrial el factor a maximizar es el valor esperado de su explotación comercial. Desde un punto de vista global el criterio que permite evaluar la bondad de un proyecto desde el punto de vista financiero es el Valor Actual Neto o VAN. En el caso del buque objeto del proyecto, el criterio que permitirá seleccionar la cifra de mérito más

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Dimensionamiento***



adecuada al caso es la maximización del VAN resultante del proyecto de construcción del buque y su explotación.

El VAN permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por la inversión que supone la construcción y explotación del buque como un proyecto de inversión completo.

Por tanto la búsqueda de la cifra de mérito consistirá evaluar cuáles son los elementos del proyecto que afectan a los distintos componentes del VAN identificando aquellos que permiten un diseño óptimo desde el punto de vista de la máxima rentabilidad del proyecto, entendiendo como tal el diseño y la explotación del buque.

El VAN consiste en la actualización, mediante una tasa de descuento de mercado, de todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

Se trata de determinar el valor en el momento actual de los flujos de efectivos futuros que generará la explotación del buque y comparar este resultado con la inversión inicial que supone su construcción. Cuando el resultado proporcionado por los flujos de caja futuros resulta mayor que el desembolso inicial, el proyecto resulta viable.

Del análisis de la ecuación que define el VAN se extraen los criterios básicos del análisis. Para ello se hará énfasis en aquellos elementos del proyecto que resultan diferenciales entre las alternativas elegidas y que permiten evaluar la selección de la alternativa más conveniente.

La ecuación que permite calcular el Valor Actual Neto es el sumatorio de los flujos de caja proporcionados por el proyecto, es decir la explotación del buque, en el periodo que el armador elija, generalmente el que se corresponde con su amortización financiera.

Como se puede apreciar, tanto el valor del dinero fijado a través de la tasa de descuento como el número de periodos, ya meses o años, que se aplica para el cálculo son iguales para cualquier tipo de buque proyectado, con independencia de su diseño o coste.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco Arrazola Méndez*



$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - I_0$$

- $CF_t$  Flujos de caja en cada periodo  $t$ .
- $I_0$  Desembolso inicial de la inversión.
- $n$  Número de períodos considerado.
- $k$  Tasa de descuento de los flujos, o interés bancario utilizado para el cálculo.

Por tanto los dos criterios que se ven afectados por las características del proyecto son los flujos de caja  $CF$  y el valor de la inversión inicial  $I_0$ . Es decir, de manera simplificada, que cuanto mayor sea el valor de los flujos de caja y menor el de la inversión inicial mayor será el beneficio obtenido del proyecto.

Por tanto se ha de buscar una cifra de mérito capaz de maximizar el flujo de caja y otra cifra de mérito capaz de minimizar la inversión inicial.

### 9.1.1.- Cifra de Mérito asociada a la maximización del flujo de caja

Se analizará en primer lugar el flujo de caja,

Se entenderá como flujo de caja el resultado financiero que se obtiene a partir de la cuenta de explotación del buque, visto este como una empresa que genera beneficios y no como una unidad a construir.

Para la comparación de dos buques de idéntica capacidad de carga, solamente se puede considerar diferencial un criterio, los costes variables o costes de explotación.

El resto de los factores no dependen del diseño o la explotación del buque, ya que los costes fijos de la compañía, e incluso los costes fijos del buque se conservarían. La diferencia entre las alternativas a seleccionar no altera elementos clave del flujo de caja como son la dotación mínima de seguridad o el importe del seguro,

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez



los cuales serán idénticos o suficientemente parecidos como para poder ser considerados iguales.

Se utilizará la siguiente expresión:

Ventas

(-) Coste de las ventas o costes variables

---

Margen bruto

(-) Costes fijos

---

Beneficio antes de impuestos

(-) Amortización

---

Beneficio

(-) Impuesto de sociedades

---

Beneficio neto

(+) Amortización

---

Flujo de caja

Por tanto como criterio de maximización del flujo de caja se considerará la minimización de los costes variables de la operación del buque, es decir los mínimos costes de viaje.

Para buques de igual porte, los costes de practica y entrada o salida de puerto no son diferenciales, por lo que el elemento clave será el consumo de combustible.

Por tanto se tomará como criterio de maximización del flujo de caja un diseño que proporcione el mínimo consumo de combustible, tanto en navegación como en puerto. El consumo en puerto no se considerará diferencial, ya que las instalaciones de a bordo, tanto en habilitación como en manejo de cargas y servicios auxiliares, en primera aproximación se pueden considerar similares.

Por tanto la cifra de mérito asociada a la maximización del flujo de caja y por tanto del beneficio de la explotación será el mínimo consumo de combustible del motor principal.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



Este criterio se abordará por dos vías, la optimización de las formas para garantizar los requisitos de proyecto con la mínima potencia instalada y la adecuada selección de la máquina propulsora principal y de la cadena de propulsión capaces de proporcionar un rendimiento propulsivo máximo, toda vez que las formas ya han sido fijadas previamente.

En el rango de análisis que se está haciendo, en el que la consideración diferencial entre los buques parte de pequeñas variaciones en sus dimensiones, el rendimiento propulsivo, una vez fijadas las formas y seleccionados los tipos de hélice y el eje de cola, este tampoco será diferencial. Por tanto el elemento a considerar será la mínima BHP a través de la adecuada selección de la máquina propulsora principal.

La minimización de la potencia instalada, una vez que se han fijado las formas también se puede considerar, de manera simplificada, una función de la superficie mojada. Esta superficie mojada será menor cuanto menor sea el calado del buque. La condición de comparación igualitaria será el calado correspondiente al buque en lastre, para el cual la comparación se puede hacer sobre la base del calado que tendría el buque en rosca ya que este será inferior cuanto menor sea el desplazamiento en rosca.

Por tanto se puede concluir que, asumiendo las simplificaciones, la condición básica que minimiza el consumo de combustible es el mínimo desplazamiento en rosca del buque. Esto es así porque para cualquier condición de carga a mayor desplazamiento en rosca mayor calado y por consiguiente mayor superficie mojada.

Se concluye pues que, en este caso, en el que el rango de variación de las dimensiones del buque en el proceso de optimización serán pequeñas. la cifra de mérito que maximiza el flujo de caja es la minimización del desplazamiento en rosca del buque.

### **9.1.2.- Cifra de Mérito asociada a la minimización de la inversión inicial**

Se ve claramente que una de los factores que maximiza el VAN del proyecto es el mínimo desembolso inicial compatible con el proyecto.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Dimensionamiento***



En el caso de un buque la inversión inicial es el coste de la construcción, el cual se ve afectado por tres partidas fundamentalmente

- Coste de materiales
- Coste de la mano de obra
- Compra de los equipos

En la selección de alternativas para la construcción de un buque en el que la capacidad de carga y su perfil operativo son restricciones que han sido fijadas por el armador, conducen a una compra de equipos que, a excepción de una gran diferencia en el motor principal, no resultan diferenciales.

Incluso en lo que se refiere al motor principal, una vez que se han optimizado las formas del buque y se han fijado tanto los BHP necesarios como el valor del rendimiento propulsivo, tampoco es un factor diferencial desde un punto de vista técnico.

EL coste de la mano de obra se puede desglosar en dos partidas, construcción y montaje de equipos. Esta última tampoco se puede considerar como diferencial. En lo que se refiere a la mano de obra de la construcción se puede considerar como una función del tamaño de la construcción, es decir del peso del acero.

Por tanto a efectos de minimizar el coste de la inversión se considerará como cifra de mérito el menor peso de materiales a emplear, es decir el mínimo desplazamiento en rosca del buque compatible con las especificaciones y restricciones del proyecto.

### **9.1.3.- Cifra de Mérito seleccionada**

De acuerdo con los criterios analizados en los epígrafes precedentes, a efectos de este proyecto se considerará como cifra de mérito **el mínimo desplazamiento en rosca del buque compatible con los requisitos del proyecto.**

Como factor secundario, se ejecutará un análisis de formas y un proyecto de motorización y cámara de máquinas, que garantice el mínimo consumo de combustible una vez que el desplazamiento en rosca ha sido fijado.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez





## 9.2.- Evaluación de alternativas

Siguiendo los criterios de evaluación enumerados se van a generar varias alternativas a partir de las dimensiones del Buque Base variando la eslora, la manga y el calado para obtener aquella combinación de dimensiones principales del buque que, dando una solución válida a los requisitos del proyecto, proporcionen el mínimo desplazamiento en rosca del buque.

Puesto que el puntal de la bodega se considera fijo debido a la necesidad de espacio para la manipulación de los pallets, se tomará como dimensión equivalente para la optimización el puntal del doble fondo. Por tanto, los rangos de variabilidad de las dimensiones son:

- Valores  $L_{pp}$ : 50 m, 51 m y 52 m
- Valores B: 9,3 m, 9,5 m y 9,7 m
- Valores T: 3,5 m, 3,4 m, 3,3 m
- Valores  $D_{D/F}$ : 1,2 m, 1,1 m

De esta forma se generan 51 alternativas. Se seleccionará aquella que proporcione el mínimo desplazamiento en rosca.

Antes de lanzar el proceso de optimización se analizarán las componentes del desplazamiento en rosca de un buque para evaluar en cuáles de ellas es posible obtener un resultado que permita optimizar el buque

### 9.2.1.- Componentes del peso en rosca

Previamente a la optimización se presentarán las ecuaciones que se utilizarán para el análisis de los factores que componen el desplazamiento en rosca del buque.

El cálculo del peso en rosca del buque se basa en las fórmulas aproximadas del libro “Proyecto Básico del Buque Mercante”.

El peso en Rosca se descompone en el peso de la estructura,  $W_{ST}$ ; el peso del equipo y la habilitación,  $W_{OA}$  y el peso de la maquinaria,  $W_{maq}$ .

$$\Delta_R = W_{ST} + W_{OA} + W_{maq}$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



### 9.2.1.1.- Peso de Estructura WST

Se calcula a partir del Método de D.G.M. Watson y A.W. Gilfillan, expresado el peso de la estructura por la siguiente expresión.

$$W_{ST} = K \cdot E^{1,36} \cdot (1 + 0,5 (CB80D - 0,7))$$

$K$  es un coeficiente que depende del tipo de buque. Su valor para buques costeros está comprendido entre 0,027 y 0,032 [23]. Para el caso del buque proyecto, debido a su reducida eslora entre perpendiculares se utilizará el valor mínimo del rango de validez de  $K$ ,  $K = 0,27$ .  $E$  se puede estimar por:

$$E = (L_{pp} \cdot (B + D) + 0,85 \cdot LPP (D - T) + 0,85 \sum l_1 \cdot h_1 + 0,75 \cdot \sum l_2 \cdot h_2)$$

De manera aproximada:

$$0,85 \cdot \sum l_1 \cdot h_1 + 0,75 \cdot \sum l_2 \cdot h_2 = 1,45 \cdot L_{pp} - 11$$

Por tanto:

$$E = (L_{pp} \cdot (B + D) + 0,85 \cdot L_{pp} \cdot (D - T) + 1,45 \cdot L_{pp} - 11)$$

$$E = (L_{pp} \cdot [(B + D) + 0,85 \cdot (D - T) + 1,45] - 11)$$

$$E = (L_{pp} \cdot [(B + D) + 0,85 \cdot (D - T) + 1,45] - 11)$$

Para buques costeros  $E$  se encuentra comprendido entre 1.000 y 2.000 [24].

Finalmente,  $CB80D$  se puede estimar aplicando las siguientes ecuaciones:

$$CB80D = CB + (1 - CB) \cdot (0,8 \cdot D - T)/3T$$

$$CB = 1,05 - \frac{0,5 \cdot V}{3,28 \cdot \sqrt{L_{pp}}}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez



### 9.2.1.2.- Peso de Equipo y Habilidad WOA

Se calcula a partir del Método de D.G.M. Watson y A.W. Gilfillan, expresado el peso del equipo y habilidad por la siguiente expresión.

$$W_{OA} = K_e \cdot L_{pp} \cdot B$$

Se aplicará el factor  $K_e$  [25] en función del tamaño del buque que para el caso toma el valor  $K_e = 0,39 - 0,001 \cdot L_{pp}$

Por tanto:

$$K_e = 0,34$$

### 9.2.1.3.- Peso de la Maquinaria Propulsora y Auxiliar W<sub>maq</sub>

El peso de la maquinaria se divide en cuatro componentes de peso:

- Motor propulsor y reductor -  $W_{ME}$
- Resto de maquinaria propulsora -  $W_{RP}$
- Otros elementos Cámara de Máquinas -  $W_{QR}$
- Línea de ejes fuera de la cámara de máquinas -  $W_{QE}$

#### **Motor propulsor y reductor - WME**

El buque montará un motor propulsor de cuatro tiempos con reductora.

La ecuación que define el valor del peso es:

$$W_{ME} = 2,5 + 9,5 \cdot \left( \frac{MCO}{N} \right)^{0,91}$$

Esta ecuación pierde fiabilidad por debajo de los 1.000 BHP por lo que no es de aplicación para este buque ya que la potencia estimada según se vio en la valoración de la eslora de la cámara de máquinas en el epígrafe 6.1.2 de este capítulo alcanza el valor de 439 BHP.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez



Posteriormente se calculará ajustadamente este valor, en este momento, para el cálculo del peso de la maquinaria se hará una estimación conservadora, duplicando este valor, lo que supone una potencia de aproximadamente  $811 \text{ BHP} \approx 605 \text{ kW}$

Consultados los catálogos para motores de diversos fabricantes En el caso de Wärtsilä el motor 4L20 de  $800 \text{ kW}$  de potencia presenta un peso de  $7,2$  toneladas, lo que supone una relación peso/potencia de  $9 \text{ kg/kW}$ . Esta relación peso potencia se mantiene aproximadamente constante en valores de potencia inferiores. Ajustando a una potencia de  $605 \text{ kW}$  resulta una estimación de peso de  $5,454$  toneladas.

Se tomará como estimación para el peso del motor principal el valor obtenido por aproximación con datos del fabricante:

$$W_{ME} = 5,454 \text{ t}$$

### **Resto de maquinaria propulsora - WRP**

El peso del resto de la maquinaria propulsora se ajusta mediante la ecuación:

$$W_{RP} = K_M \cdot MCO^{0,7}$$

Para graneleros y cargueros [26] se tiene  $K_M = 0,56$ . MCO, siendo MCO la potencia continua la cual se ha estimado en  $605 \text{ kW}$ . Por tanto:

$$W_{RP} = 49,59 \text{ toneladas}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez



### Otros elementos Cámara de Máquinas – WQR

La partida denominada otros elementos de cámara de máquinas se obtiene [27] por:

$$W_{QR} = 0,03 \cdot V_{MQ}$$

El volumen de la cámara de máquinas se puede aproximar a un espacio de planta triangular. Su manga será de 9,3 m descontando los 1,3 m resultan 8 m de manga máxima por 7,70 m de eslora y una altura media de 2,5 metros. En estas condiciones  $W_{MQ} = 77 \text{ m}^3$

Por tanto:

$$W_{QR} = 2,31 \text{ toneladas}$$

### Línea de ejes fuera de la cámara de máquinas - WQE

Finalmente, el peso de la línea de ejes fuera de la cámara de máquinas se fija mediante la ecuación [28]

$$W_{QE} = K_{ne} \cdot L_{eje} \cdot (5 + 0,0164 \cdot L_{pp})$$

Para buques de una línea de ejes  $K_{ne} = 1$ . donde  $L_{eje}$  es la longitud del eje fuera de la cámara de máquinas, se estimará en 1,45 m. Por tanto

$$W_{QE} = 8,37 \text{ toneladas}$$

Por tanto el peso de la maquinaria quedaría:

$$W_{MAQ} = W_{ME} + W_{RP} + W_{QR} + W_{QE}$$

$$W_{MAQ} = 5,445 + 49,592 + 2,310 + 8,369 = 65,72 \text{ t}$$

Este valor del peso de la maquinaria se considerará constante para la optimización del desplazamiento en rosca



### 9.2.2.- Evaluación de las alternativas

Se han efectuado combinaciones de las dimensiones del buque base para obtener un buque optimizado utilizando como cifra de mérito el peso en rosca.

En la tabla V1/C1-T11 incluida en la página siguiente se presentan las alternativas evaluadas, tal y como es definieron en el epígrafe 9.2 de este capítulo, resultando seleccionada la combinación que proporciona el mínimo desplazamiento en rosca.

### **9.3.- Alternativa Seleccionada: BBO**

Finalmente el buque seleccionado para el proyecto un Buque Base Optimizado, BBO y cuyas dimensiones principales se incluyen el de la V1/C1-T12

<b>DIMENSIÓN</b>	<b>VALOR</b>
Eslora - $L_{pp}$	50 m
Manga - $B$	9,30 m
Puntal - $D$	5,4 m
Calado - $T$	3,50 m
Francobordo – FB	2,00 m
Peso en Rosca	426,95 t

Tabla V1/C1-T12: Dimensiones del BBO  
Fuente: elaboración propia

Los valores mostrados en la Tabla V1/C1-T12 proceden de los resultados obtenidos en el proceso de optimización de las 54 alternativas que se incluyen el la tabla V1/C1-T13, que se incluye en las siguientes páginas.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



BUQUE SIN CASTILLO DE PROA, TOLDILLA NI CASETAS  
CUBIERTA DE INTEMPERIE CORRIDA DE PROA A POPA SIN POZOS

ALTERNATIVA	LPP	B	Dd/f	T	D	Dbod	E	V	CB	CB80D	Kst	WST	Ke	WOA	WMAQ	DESP ROSCA
1	50	9,3	1,1	3,3	5,4	4,3	885,75	10	0,834	0,101	0,03	214,279	0,34	158,100	65,72	438,096
2	50	9,3	1,1	3,4	5,4	4,3	881,5	10	0,834	0,097	0,03	212,182	0,34	158,100	65,72	435,999
3	50	9,3	1,1	3,5	5,4	4,3	877,25	10	0,834	0,092	0,029	203,133	0,34	158,100	65,72	426,949
4	50	9,3	1,2	3,3	5,5	4,3	895	10	0,834	0,103	0,029	210,284	0,34	158,100	65,72	434,101
5	50	9,3	1,2	3,4	5,5	4,3	890,75	10	0,834	0,098	0,029	208,236	0,34	158,100	65,72	432,052
6	50	9,3	1,2	3,5	5,5	4,3	886,5	10	0,834	0,094	0,029	206,238	0,34	158,100	65,72	430,055
7	50	9,5	1,1	3,3	5,4	4,3	895,75	10	0,834	0,101	0,029	210,323	0,34	161,500	65,72	437,540
8	50	9,5	1,1	3,4	5,4	4,3	891,5	10	0,834	0,097	0,029	208,281	0,34	161,500	65,72	435,497
9	50	9,5	1,1	3,5	5,4	4,3	887,25	10	0,834	0,092	0,029	206,288	0,34	161,500	65,72	433,505
10	50	9,5	1,2	3,3	5,5	4,3	905	10	0,834	0,103	0,029	213,486	0,34	161,500	65,72	440,703
11	50	9,5	1,2	3,4	5,5	4,3	900,75	10	0,834	0,098	0,029	211,422	0,34	161,500	65,72	438,638
12	50	9,5	1,2	3,5	5,5	4,3	896,5	10	0,834	0,094	0,029	209,408	0,34	161,500	65,72	436,625
13	50	9,7	1,1	3,3	5,4	4,3	905,75	10	0,834	0,101	0,029	213,523	0,34	164,900	65,72	444,140
14	50	9,7	1,1	3,4	5,4	4,3	901,5	10	0,834	0,097	0,029	211,464	0,34	164,900	65,72	442,081
15	50	9,7	1,1	3,5	5,4	4,3	897,25	10	0,834	0,092	0,029	209,457	0,34	164,900	65,72	440,073
16	50	9,7	1,2	3,3	5,5	4,3	915	10	0,834	0,103	0,029	216,701	0,34	164,900	65,72	447,317
17	50	9,7	1,2	3,4	5,5	4,3	910,75	10	0,834	0,098	0,029	214,620	0,34	164,900	65,72	445,237
18	50	9,7	1,2	3,5	5,5	4,3	906,5	10	0,834	0,094	0,029	212,591	0,34	164,900	65,72	443,208
19	51	9,3	1,1	3,3	5,4	4,3	903,69	10	0,837	0,101	0,029	212,860	0,339	160,788	65,72	439,365
20	51	9,3	1,1	3,4	5,4	4,3	899,35	10	0,837	0,097	0,029	210,781	0,339	160,788	65,72	437,286

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



21	51	9,3	1,1	3,5	5,4	4,3	895,02	10	0,837	0,092	0,029	208,753	0,339	160,788	65,72	435,257
22	51	9,3	1,2	3,3	5,5	4,3	913,12	10	0,837	0,103	0,029	216,092	0,339	160,788	65,72	442,596
23	51	9,3	1,2	3,4	5,5	4,3	908,79	10	0,837	0,098	0,029	213,991	0,339	160,788	65,72	440,495
24	51	9,3	1,2	3,5	5,5	4,3	904,45	10	0,837	0,094	0,029	211,941	0,339	160,788	65,72	438,445
25	51	9,5	1,1	3,3	5,4	4,3	913,89	10	0,837	0,101	0,029	216,135	0,339	164,246	65,72	446,097
26	51	9,5	1,1	3,4	5,4	4,3	909,55	10	0,837	0,097	0,029	214,039	0,339	164,246	65,72	444,001
27	51	9,5	1,1	3,5	5,4	4,3	905,22	10	0,837	0,092	0,029	211,995	0,339	164,246	65,72	441,957
28	51	9,5	1,2	3,3	5,5	4,3	923,32	10	0,837	0,103	0,029	219,381	0,339	164,246	65,72	449,344
29	51	9,5	1,2	3,4	5,5	4,3	918,99	10	0,837	0,098	0,029	217,264	0,339	164,246	65,72	447,226
30	51	9,5	1,2	3,5	5,5	4,3	914,65	10	0,837	0,094	0,029	215,198	0,339	164,246	65,72	445,160
31	51	9,7	1,1	3,3	5,4	4,3	924,09	10	0,837	0,101	0,029	219,422	0,339	167,703	65,72	452,842
32	51	9,7	1,1	3,4	5,4	4,3	919,75	10	0,837	0,097	0,029	217,310	0,339	167,703	65,72	450,730
33	51	9,7	1,1	3,5	5,4	4,3	915,42	10	0,837	0,092	0,029	215,250	0,339	167,703	65,72	448,670
34	51	9,7	1,2	3,3	5,5	4,3	933,52	10	0,837	0,103	0,029	222,684	0,339	167,703	65,72	456,104
35	51	9,7	1,2	3,4	5,5	4,3	929,19	10	0,837	0,098	0,029	220,550	0,339	167,703	65,72	453,970
36	51	9,7	1,2	3,5	5,5	4,3	924,85	10	0,837	0,094	0,029	218,468	0,339	167,703	65,72	451,888
37	52	9,3	1,1	3,3	5,4	4,3	921,62	10	0,839	0,101	0,029	218,626	0,338	163,457	65,72	447,799
38	52	9,3	1,1	3,4	5,4	4,3	917,2	10	0,839	0,097	0,029	216,494	0,338	163,457	65,72	445,667
39	52	9,3	1,1	3,5	5,4	4,3	912,78	10	0,839	0,092	0,029	214,414	0,338	163,457	65,72	443,587
40	52	9,3	1,2	3,3	5,5	4,3	931,24	10	0,839	0,103	0,029	221,941	0,338	163,457	65,72	451,115
41	52	9,3	1,2	3,4	5,5	4,3	926,82	10	0,839	0,098	0,029	219,787	0,338	163,457	65,72	448,960
42	52	9,3	1,2	3,5	5,5	4,3	922,4	10	0,839	0,094	0,029	217,685	0,338	163,457	65,72	446,858
43	52	9,5	1,1	3,3	5,4	4,3	932,02	10	0,839	0,101	0,029	221,988	0,338	166,972	65,72	454,676
44	52	9,5	1,1	3,4	5,4	4,3	927,6	10	0,839	0,097	0,029	219,839	0,338	166,972	65,72	452,528
45	52	9,5	1,1	3,5	5,4	4,3	923,18	10	0,839	0,092	0,029	217,743	0,338	166,972	65,72	450,432
46	52	9,5	1,2	3,3	5,5	4,3	941,64	10	0,839	0,103	0,029	225,319	0,338	166,972	65,72	458,008

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



47	52	9,5	1,2	3,4	5,5	4,3	937,22	10	0,839	0,098	0,029	223,147	0,338	166,972	65,72	455,836
48	52	9,5	1,2	3,5	5,5	4,3	932,8	10	0,839	0,094	0,029	221,029	0,338	166,972	65,72	453,718
49	52	9,7	1,1	3,3	5,4	4,3	942,42	10	0,839	0,101	0,029	225,363	0,338	170,487	65,72	461,567
50	52	9,7	1,1	3,4	5,4	4,3	938	10	0,839	0,097	0,029	223,198	0,338	170,487	65,72	459,402
51	52	9,7	1,1	3,5	5,4	4,3	933,58	10	0,839	0,092	0,029	221,086	0,338	170,487	65,72	457,289
52	52	9,7	1,2	3,3	5,5	4,3	952,04	10	0,839	0,103	0,029	228,710	0,338	170,487	65,72	464,914
53	52	9,7	1,2	3,4	5,5	4,3	947,62	10	0,839	0,098	0,029	226,522	0,338	170,487	65,72	462,726
54	52	9,7	1,2	3,5	5,5	4,3	943,2	10	0,839	0,094	0,029	224,388	0,338	170,487	65,72	460,592

Tabla VI/C1-T13: Optimización del Buque Base  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco Arrazola Méndez



## 10 DIMENSIONES COMPLEMENTARIAS QUE COMPLETAN EL BBO

Las dimensiones que se muestran en la tabla V1/C1-T12 deben complementarse con las dimensiones de todos los espacios para obtener las dimensiones totales del buque.

La dimensión fundamental es la eslora entre perpendiculares, a partir de esta y tomado en consideración la base de datos de predimensionamiento se definirán las dimensiones totales del buque.

En el caso de la proa, se forma un triángulo que permite definir el número de secciones correspondiente.

Un sencillo cálculo trigonométrico permite despejar la dimensión X, cuyo valor final resulta  $X = 5,48$  m, como se comprueba en la figura V1/C1-F11

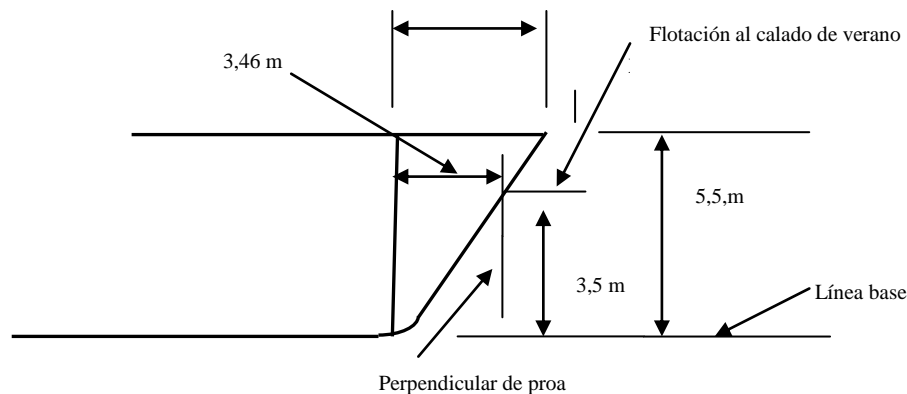


Figura V1/C1-F11: Estimación del lanzamiento en proa  
Fuente: elaboración propia

Resultando un incremento de eslora por efecto del lanzamiento de proa:  $\Delta L$ :

$$\Delta L = 5,48 - 2,5 = 2,98 \text{ m}$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Para completar la eslora del buque hay que situar el espacio del servomotor del timón, el cual se ubicará sobre el rasel de popa, de manera que quede espacio suficiente para su instalación y mantenimiento.

La eslora del local del servo a partir de la perpendicular de popa se estima en dos metros para que haya espacio para la instalación del servo y a su mantenimiento.

$$L_{\text{servo}} = 2 \text{ metros}$$

Por tanto la eslora total del buque resultará LOA = 54,98 m

## 11 CALCULO DE LOS COEFICIENTES ADIMENSIONALES DEL BBO

Una vez definidas las dimensiones del buque optimizado o BP, se procede a calcular sus coeficientes de forma.

Los parámetros principales de forma, a partir de los cuales se evaluarán las formas del BP son:

- Coeficiente bloque
- Coeficiente prismático
- Coeficiente de la maestra
- Coeficiente de la flotación
- Posición longitudinal del centro de carena

### 11.1.- Cálculo del Coeficiente Bloque

Se realiza el cálculo aproximado mediante la Fórmula de Alexander [29]

$$C_B = K - 0,5 \cdot \frac{V}{\sqrt{3,28 \cdot L_{pp}}}$$
$$K = 1,07 \text{ mediante gráfica}$$
$$C_B = 0,758$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## 11.2.- Cálculo del Coeficiente Prismático

Se aplica la ecuación de Troost [30]

$$C_p = 1,2 - 2,12 \cdot F_N$$

El número de Froude se fijó en  $F_N=0,22$ ; por tanto:

$$C_p = 0,716$$

## 11.3.- Cálculo Coeficiente de la Maestra

Se realiza el cálculo aproximado mediante la Fórmula de Kerlen, [31]

$$C_M = 1,006 - 0,0056 \cdot CB^{-3,56}$$

$$C_M = 0,98$$

## 11.4.- Cálculo Coeficiente de la Flotación

Se realiza el cálculo aproximado mediante la Fórmula de Schneekluth [32].

$$C_{WL} = \frac{1 + 2 \cdot CB}{3}$$
$$C_{WL} = 0,839$$

## 11.5.- Cálculo de la posición longitudinal del centro de carena

Se aplicará la ecuación de Troost [33]

$$X_B(\%L_{PP}) = 17,5 \cdot C_p - 12,5$$

$$X_B = 3\% L_{PP} = 1,5 \text{ m a proa de la sección media}$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 11.6.- Coeficientes de forma del BBO

Los cálculos previos han proporcionado un conjunto de coeficientes de forma para el BBO resultantes de sus dimensiones. Posteriormente en el proceso de selección de formas se evaluarán estos coeficientes, fijándose definitivamente los valores mas convenientes para cubrir con las exigencias del buque.

COEFICIENTES DE FORMA	VALOR
$C_B$	0,758
$C_P$	0,716
$C_M$	0.980
$C_{WL}$	0,839
$X_B$	1,5 m

Tabla V1/C1-T14: Coeficientes de forma del BBO  
Fuente: elaboración propia

## 12 VALIDACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL BBO

Para completar el buque proyecto se efectuará un análisis primario de su estabilidad. Se estimarán las coordenadas del CDG y se evaluará su altura metacéntrica con la intención de validar los resultados obtenidos hasta el momento.

### 12.1 Coordenadas del CDG

Para la estimación de la posición del CDG del buque proyecto se aplicarán las ecuaciones aproximadas del denominado “Método combinado para el cálculo del peso y el centro de gravedad en rosca” [34]

$$KG = 0,9764 \cdot D^{0,83292} \text{ metros}$$
$$LG = 0,43912 \cdot L_{pp} \text{ metros}$$

El puntal y la eslora entre perpendiculares son las ya obtenidas para el buque base.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



Según los márgenes propuestos por el profesor Alvaríño [35] en la etapa inicial del proyecto se podría aplicar de manera conservadora un margen del 5% para el KG, e incluso hasta un 15%.

El buque se considera adrizado.

En estas condiciones, las coordenadas del centro de gravedad del buque son:

$$\begin{aligned}KG &= 3,779 \text{ m} \\XG &= 22,705 \text{ m} \\CLG &= 0 \text{ m}\end{aligned}$$

## 12.2 Evaluación de la estabilidad inicial del buque intacto

Para evaluar la estabilidad del buque base y fijar definitivamente las dimensiones y características que definirán el Buque Proyecto, se aplicará como verificación de la estabilidad en la etapa inicial del proyecto uno de los cinco criterios de la IMO [36] el cual exige que la altura metacéntrica transversal inicial sea superior a 0,15 metros.

$$GM = KM - KG > 0,15 \text{ m}$$

El radio metacéntrico transversal se calculará a partir de la fórmula de Schneekuth [37].

$$KM = B \left( C \cdot \frac{0,08 \cdot B}{\sqrt{CM} \cdot TS} + \frac{0,9 - 0,3CM - 0,1CB}{B/TS} \right)$$

Para obtener una estimación del KM es necesario calcular los factores que figuran en la ecuación, como son:

- C Coeficiente dependiente de la flotación  $C = \frac{CWP}{CWN}$
- TS Calado de la condición de carga. En este caso calado en rosca

Adicionalmente es necesario estimar aquellos factores adimensionales del buque necesarios para completar la ecuación, como son el coeficiente bloque y el coeficiente

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



de la sección media. El coeficiente de la flotación se calculará como elemento necesario para conocer el factor C

- **Cálculo del factor C**

$$C = \frac{CWP}{CWN}$$

CWP es el coeficiente de la flotación, el cual se ha fijado en  $C_{WL} = 0,839$ ; por tanto,  
 $CWP = C_{WL} = 0,839$

CWN es un coeficiente normal de la flotación, el cual se define según:

$$CWN = \left( \frac{1 + 2CB / \sqrt{CM}}{3} \right) = \left( \frac{1 + 2 \cdot 0,758 / \sqrt{0,98}}{3} \right) = 0,9443$$

Se obtiene  $C = 0,8884$

- **Cálculo de TS**

El calado para la condición de carga del cálculo se obtendrá a partir de la estimación del coeficiente bloque

$$CB = \frac{L \cdot B \cdot T}{VCAR}$$

$$0,758 = \frac{509,3 \cdot TS}{426,95 / 1,025} \Rightarrow TS = 0,67m$$

- **Cálculo de KM**

$$KM = 9,3 \left( 0,8884 \cdot \frac{0,08 \cdot 9,3}{\sqrt{0,98 \cdot 0,67}} + \frac{0,9 - 0,3 \cdot 0,98 - 0,1 \cdot 0,758}{9,3 / 0,67} \right) = 9,6399m$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 12.2.1.- Cumplimiento de criterios

Conocidos los factores de las ecuaciones precedentes se comprueba si la altura metacéntrica del BP cumple con los requisitos fijados por la reglamentación.

De acuerdo con la resolución IMO A 473 (18) Ch3 3.1.2.4.

$$GM = KM - KG > 0,15 \text{ m}$$

$$GM = 9,639 - 3,779 = 5,86 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$$

Por tanto se comprueba que las estimaciones efectuadas para la obtención de los parámetros que garantizan la estabilidad inicial del proyecto presentan un margen de seguridad sobre el mínimo establecido suficientemente amplio como para poder considerar el predimensionamiento satisfactorio.

En una etapa más avanzada del proyecto, una vez definidas las formas y por tanto conocidas las curvas KN, se procederá a efectuar un análisis completo de la estabilidad del buque para las diferentes condiciones de carga previstas.

## 13 DIMENSIONES Y PARÁMETROS DEL BUQUE PROYECTO

De acuerdo con el proceso de predimensionamiento seguido en este capítulo, basado en la definición de dimensiones de un Buque Base a partir de dos buques, BB1 y BB2, y seguidamente fijar las dimensiones definitivas del buque a proyectar o Buque Proyecto como resultado del proceso de optimización del buque base, se adopta como resultado del proceso las dimensiones del Buque Proyecto que se incluyen la tabla **V1/C1-T14**.

En la tabla V1/C1-T15 se incluyen las coordenadas del centro de gravedad calculadas anteriormente.

Se completan las características del Buque Proyecto con una estimación del peso muerto, ya estimado en el epígrafe 7.1.2 de este capítulo y su eslora total; fijada en el epígrafe 10 en 54,98 m.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



DIMENSIÓN	VALOR
Eslora entre perpendiculares	50 m
Eslora total	54,98 m
Manga en de trazado	9,30 m
Puntal de trazado	5,40 m
Calado	3,50 m
Francobordo	2,00 m
Puntal de bodega	4,3 m
Puntal del D/F	1,1 m
Desplazamiento en rosca	426,95 t
Peso muerto	760,655 t
Desplazamiento total a plena carga	1.187,60 t

Tabla V1/C1-T15: Dimensiones y características del Buque Proyecto  
Fuente: elaboración propia

COORDENADAS DEL CDG EN ROSCA	VALOR
KG	3,779 m
LG	22,705 m
CLG	0 m

Tabla V1/C1-T16: Coordenadas del CDG del Buque Proyecto  
Fuente: elaboración propia

La coordenada longitudinal del cdg tiene su origen en la perpendicular de popa

COEFICIENTES DE FORMA	VALOR
$C_B$	0,758
$C_P$	0,716
$C_M$	0,980
$C_{WL}$	0,839
$X_B$ (A proa de la CM)	1,5 m

Tabla V1/C1-T17: Coeficientes de forma del Buque Proyecto  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## REFERENCIAS DEL TEXTO

- [1] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, criterios específicos en mercantes, diapositiva 84* . Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [2] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, criterios específicos en mercantes, diapositiva 84* . Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [3] Véase epígrafe 2.3 del capítulo 1 del volumen 0
- [4] Véase la tabla V0/C1-2 incluida en el epígrafe 2.3 del capítulo 1 del volumen 0, en la que se incluye el valor del peso específico de cada una de las probables cargas para las que se diseña el buque, siendo  $\gamma = 0,767 \text{ t/m}^3$  el valor mínimo previsto.
- [5] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, criterios específicos en mercantes, diapositiva 84* . Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [6] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, dimensionamiento, diapositiva 181* . Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [7] No hay establecidas reglas fijas en referencia al la eslora del rasel de popa, por lo que se estima siguiendo las recomendaciones del profesor Alvariño.  
Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M.: *El proyecto básico del buque mercante*.  
epígrafe 3.8.1.2.2 página 626
- [8] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, dimensionamiento, diapositiva 188* . Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [9] Alvariño, op.cit epígrafe 3.8.1.3 página 627
- [10] Alvariño, op.cit epígrafe 3.5.1.1 página 595
- [11] La eslora del rasel de proa se fija por exigencia de SOLAS respecto a la ubicación del mamparo colisión.  
Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M.: *El proyecto básico del buque mercante*.  
epígrafe 1.3.5.2.1 página 116
- [12] DnV Rules & Regulations Pt3, Ch2, Sec 5, Regla D100

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



- [13] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. epígrafe 1.3.4.2. página 110
- [14] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. epígrafe 1.3.4.2. página 111
- [15] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. epígrafe 1.3.4.2. página 111
- [16] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. epígrafe 1.3.4.2. página 112
- [17] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. epígrafe 1.3.4.2. página 112
- [18] rel L/B *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, dimensionamiento, diapositiva 198* . Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [19] Op cit. *diapositiva 201*
- [20] Op cit. *diapositiva 203*
- [21] Op cit. *diapositiva 204*
- [22] Op cit. *diapositiva 205*
- [23] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. Página 614
- [24] Op cit. Página 614
- [25] Op cit. Página 620
- [26] Op cit. Página 621
- [27] Op cit. Página 624
- [28] Op cit. Página 626
- [29] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, dimensionamiento, diapositivas 215 - 216* . Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [30] Op cit. *diapositiva 219*
- [31] Op cit. *diapositiva 222*

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Dimensionamiento



- [32] Op cit. *diapositiva* 225
- [33] Op cit. *diapositiva* 229
- [34] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. Página 623
- [35] Op cit. Página 110
- [36] IMO Resolution A 473 (18) Ch3 3.1.2.4
- [37] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. Página 635

## BIBLIOGRAFIA

Alvariño, R.; Aspiroz, J. Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Schneekluth, H. (1987): *Ship design for efficiency and economy*. London. Butterworth & Co

*Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, dimensionamiento*, Cartagena 2009.  
Departamento de publicaciones de la ETSINO

*Convenio Internacional SOLAS 74/88. Consolidado 08*, International Maritime Organization (IMO). London

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## PAGS WEB CONSULTADAS

[W1] <http://www.veristar.com/wps/portal/equasis?IMO=7424645> 12-marzo-2014

Veristar:

página web de la sociedad de clasificación Bureau Veritas.

Un ejemplo de hoja de datos típica de las utilizadas en la construcción de la base de datos de un buque se encuentra en la dirección citada

[W2] <http://www.equasis.org/>, 15-marzo-2014

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



# CAPÍTULO 1.2

## Formas

*Una vez fijadas las dimensiones y coeficientes del BP en función de sus necesidades de capacidad y establecidos sus parámetros adimensionales se procede a la selección de las formas óptimas*



## 1 CRITERIOS A APLICAR EN LA SELECCIÓN DE LAS FORMAS

El presente cuaderno tiene como objetivo la generación de las formas del “Buque Proyecto” más eficientes, desde los puntos de vista hidrodinámico, estructural, de la estabilidad y del comportamiento en la mar. Para ello se aplicarán criterios de eficacia y de eficiencia que proporcionen las formas más adecuadas a la solución buscada.

Como criterio de eficacia se seguirá la adopción de soluciones probadas, el cual impregna toda la filosofía del proyecto. Como criterio de eficiencia se tomará en consideración la Cifra de Mérito seleccionada en el capítulo 1, el VAN del proyecto, el cual se utilizará como segundo filtro para la definición de las formas definitivas del buque proyecto.

## 2 METODOLOGÍA APLICADA PARA LA SELECCIÓN DE LAS FORMAS

Para llegar a las formas del buque a proyectar o Buque Proyecto, se seguirá un proceso en dos etapas.

En la primera se seleccionarán un conjunto de características básicas del buque, las cuales permitirán definir posteriormente las formas definitivas.

La segunda etapa en la **selección de formas** partirá de las dimensiones principales del buque establecidas en el capítulo 1 y estará constituida por dos fases. En la primera se **definirán las formas** del buque mediante la fijación de los parámetros de forma; en la segunda se seguirá un proceso de **generación de formas**.

En esta **primera fase**, los parámetros de forma del buque son los que se han obtenido en el capítulo 1 a partir de los datos disponibles de los buques que constituyen la base de datos de dimensionamiento. Para evaluar su validez para la generación de formas se analizará si el valor seleccionado para el parámetro adimensional concreto se encuentra dentro del rango de valores generalmente aceptado para este en función del tipo de buque.

Finalmente se obtendrá un primer conjunto de parámetros dimensionales.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



En la segunda fase, a partir de las dimensiones principales del Buque Preliminar, se seguirá un proceso de **generación de formas** basado en la aplicación del método de “modelado de superficies” [1] y su posterior alisado mediante la utilización del aplicativo de ingeniería “Maxsurf”.

Como resultado se obtendrá un segundo conjunto de parámetros adimensionales.

Ambos conjuntos de parámetros adimensionales se compararán entre sí para obtener un buque Preliminar definitivo, como resultado de ambos procesos, cuyas formas se someterán a un análisis de bondad, basado en su capacidad para maximizar la Cifra de Mérito, superado el cual, y tras efectuar los ajustes que en su caso pudieran ser necesarios, se adoptarán las formas resultantes como formas definitivas del buque a proyectar

La fase final de evaluación de las formas se enfocará desde el punto de vista de la maximización de la Cifra de Mérito, es decir el VAN del ciclo de vida del buque como ya se ha visto en el capítulo 1.

Este criterio se centra en la reducción del consumo de combustible como consecuencia de un diseño de mínima resistencia al avance, lo que se consigue por dos vías, la reducción de la superficie mojada a través de la minimización del desplazamiento en rosca y la optimización de las formas.

Como resultado del proceso se obtendrán la curva de áreas seccionales y el plano de formas que definen el Buque Proyecto.

### **3 DEFINICIÓN PRELIMINAR DE LAS FORMAS BÁSICAS DEL BUQUE PROYECTO**

Antes de iniciar el proceso de generación de formas en Maxsurf es conveniente establecer unos límites a las formas que permitan ajustar al máximo el diseño a las necesidades del proyecto.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





### 3.1- División de la eslora

Previamente al análisis de las formas se definirán la longitud de las tres secciones fundamentales del casco, denominadas cuerpos. Estas dimensiones tienen una relevancia especial, ya que su definición afecta a la resistencia del buque.

- Cuerpo de entrada
- Cuerpo cilíndrico
- Cuerpo de salida

Para su valoración se utilizarán las formulas de Linblad

$$L_s/L = 1,12 - \delta$$

$$L_e/L = 1,826 - 2,07 \cdot \delta$$

$$L_c = L - L_s - L_e$$

Siendo:

- L      Eslora entre perpendiculares
- $L_e$     Longitud del cuerpo de entrada
- $L_s$     Longitud del cuerpo de salida

Considerando  $L = 50$  m y el coeficiente bloque  $\delta = 0,758$  resulta:

- $L_s = 18,1$  m
- $L_e = 12,847$  m
- $L_c = 19,053$  m

El cuerpo de salida, más largo que el de entrada, es típico en los buques lentos.

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*



### 3.2.- Análisis del cuerpo de proa

La cuestión fundamental a resolver en el diseño del cuerpo de proa consiste en decidir la conveniencia de incorporar un bulbo.

Este análisis se completará evaluando los ángulos más convenientes y no convenientes para la entrada del flujo de agua y el lanzamiento de la proa.

Como se puede ver en la figura a V1/C2-F1, para completar el diseño del cuerpo de proa hay que definir el semi ángulo de entrada en la flotación, denominado  $\alpha$ , el cual tiene una gran influencia en la resistencia al avance.

Finalmente se seleccionará el ángulo de lanzamiento,  $\beta$  el cual es conveniente mantener constante para todo el rango de flotaciones que pueden darse para las distintas condiciones de carga.

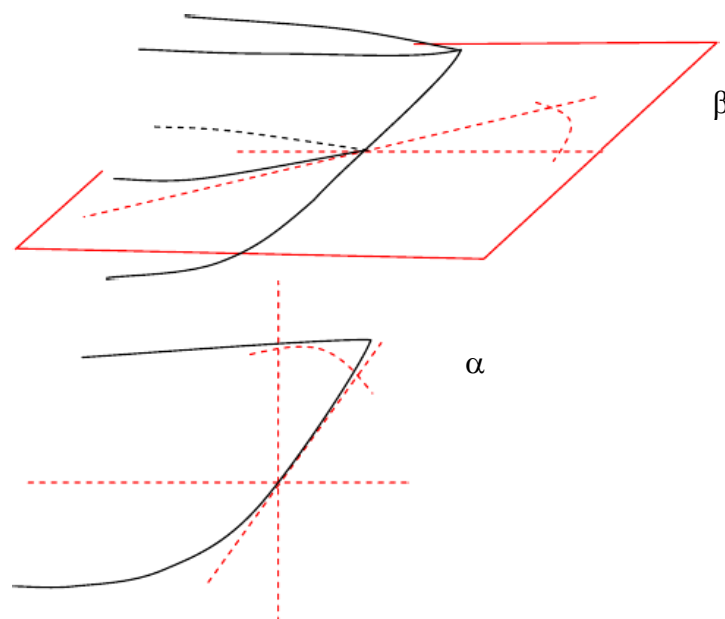


Figura V1/C2-F1: Ángulo de entrada en la flotación,  $\alpha$  y ángulo de lanzamiento,  $\beta$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.1.- Adopción de bulbo de proa

En cuanto a criterios generales de diseño se seguirá la recomendación que Alvariño, Azpíroz y Meizoso hacen en el libro “El proyecto básico del buque mercante” [4],

indicando que puede ser conveniente, a falta de los estudios hidrodinámicos de canal, dotar al buque de bulbo siempre y cuando cumpla simultáneamente con las dos condiciones siguientes:

$$0,65 < CB < 0,815$$

$$5,5 < L/B < 7$$

También se cita que no se considera apropiada la incorporación del bulbo en aquellos buques que cumplen:

$$CB \cdot B/L > 0,135$$

En el caso del buque base seleccionado, el coeficiente de bloque, según se comprueba en la tabla 2.4 que presenta las características de la carena, tiene un valor de  $CB = 0,758$ .

Aplicando la  $L_{pp} = 50\text{m}$  y una manga de  $9,5\text{ m}$  resulta  $L/B = 50/9,5 = 5,26$  y su inversa  $B/L = 0,19$

$$0,65 < 0,758 < 0,815$$

$$5,5 < 5,26 < 7$$

Se comprueba que no cumple con la segunda condición.

Igualmente:

$$CB \cdot B/L > 0,135$$

$$0,758 \cdot 0,19 = 0,1440 > 0,135$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



En la situación actual de selección previa de las formas, el dato más fiable de que se dispone es la relación  $L/B$ , ya que estos datos se han obtenido del dimensionamiento previo en el cuaderno 1 y son una restricción clara del diseño.

Los resultados de las desigualdades desaconsejan a priori la instalación del bulbo. No se incluirá un bulbo de proa en el diseño.

### 3.2.2.- Definición del semi ángulo de entrada en la flotación ( $\alpha$ )

Se entiende por semi ángulo de entrada en la flotación el ángulo “ $\alpha$ ” que forma la línea crujía con la tangente a la flotación entre perpendiculares  $L_{pp}$ , según se aprecia en la figura V1/C2-F1

Una definición incorrecta del ángulo puede generar un aumento de resistencia, en el caso de un valor superior al adecuado para la carena, siendo determinante en la definición de la curva de áreas seccionales.

Para una evaluación previa se puede seguir la recomendación que el profesor Gonzalo Pérez propone en sus apuntes de la asignatura de teoría del buque de la especialidad de máquinas de la ETS de Ingenieros Navales de la UPM

$$\alpha = 125,67 \cdot \frac{B}{L_{pp}} - 162,25 \cdot C_p^2 + 234,32 \cdot C_p^3 + 0,1551 \cdot \left[ X_{cc} + \frac{6,8 \cdot (T_A - T_F)}{T} \right]$$

Aplicando la fórmula de Troost para el cálculo de  $X_{cc}$

$$X_{cc} = 15,5 \cdot C_B - 12,5$$

$$X_{cc} = 15,5 \cdot 0,758 - 12,5 = 0,765$$

Para un coeficiente de bloque previsto de  $C_B = 0,758$  se obtiene un valor de  $33,1953^\circ$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.3.- Selección del ángulo de lanzamiento ( $\beta$ )

El valor adoptado para  $\beta$  se mantendrá constante para todo el rango de flotaciones que pueden darse para las distintas condiciones de carga.

A partir de la máxima flotación se irá abriendo paulatinamente en abanico con la intención de disminuir el cabeceo y reducir el embarque de agua con mala mar.

Para la definición del ángulo de lanzamiento se ha recurrido a la base de datos utilizada en el predimensionamiento.

Los buques utilizados para el análisis se han resaltado en la tabla V1/C2-T5, cuyas dimensiones son similares a las del buque base.

La eslora total media de estos buques es de:

$$L_{media} = 54,77 + 54,9 + 54,9 + 54,98 + 55,3 / 5 = 54,97 \text{ m}$$

Por tanto se adoptará como eslora total del buque proyecto el valor de 54,97 m.

En una primera aproximación, considerando que la eslora máxima es de 54,97 m, la eslora entre perpendiculares 50 m y tomando un francobordo estimado de 2,5 m el ángulo de lanzamiento de la proa resultante es:

$$\beta = \text{Arctan} \left[ \frac{(5,5 - 3,5)}{54,97 - 50} \right] = \text{Arctan} \left[ \frac{3}{4,97} \right] = 31,11^\circ$$

Este valor deberá confirmarse al efectuar el cálculo del francobordo según el reglamento.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Formas



Nombre	Eslora (m)		Manga (m)	Calado (m)	Puntal (m)
	Loa	Lpp			
AASTIND	68,04	60	11,4	5,01	5,8
AL JABER XI	48,21	43,8	12	2,11	3
ARDENT	54,77	51,89	9,4	3,58	4,33
CAP ST GEORGES	49,75	44,45	8,3	3,46	5,5
CASAMANCE	49,75	44,45	8,3	3,44	5,5
CASQUE D'OR	55	53	12	2,67	3,6
CHARIOT	54,9	50,75	9,6	4,51	5,6
DANICA BROWN	62,6	57,8	10,2	4,5	5,6
DANICA GREEN	60	54,8	9,6	3,4	5,6
DANICA RED	60	54,61	9,6	3,88	5,6
DANICA WHITE	61,55	58,2	10,2	4,5	5,6
DORY	46,16	42,85	9,5	3,89	6,76
FINNOYBULK	49,85	45,12	10,1	3,92	5,6
FOSENBULK	59,52	55,65	9,8	3,24	3,8
HASLVIK III	54,9	50	9,6	3,65	5,6
HAVBLIK	61,45	55,66	9,85	4,72	5,6
KAZIM DADAYLI	54	48	9	3,9	4,47
KLEVSTRAND	71,17	66,01	13,21	3,021	5,84
KRYSSHOLM	58,76	55	11	3,76	6,7
LADY GERALDINE	61	52,87	12	2,41	3,31
LARK	58,27	54,7	9,4	3,89	4,75
LONG ISLAND	63	59,8	9,4	3,4	4,05
MARINE PEACE	58,5	53,95	9,5	4,3	5,25
NORBAR BAR	82	77	11	4,45	5,67
PABEN	54,98	50,65	9,3	3,54	5,5
VARGOY	55,3	50,8	11	4	6,7
VARUA VAIKAVA	49,75	44,3	8,3	3,72	5,5

Tabla V1/C2-T5: Parámetros Base de datos de predimensionamiento  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.3.- Formas del cuerpo de popa

Las formas de la popa ejercen una gran influencia en el flujo del agua en su desplazamiento hacia la hélice, siendo también relevantes en lo referente a maniobrabilidad.

Deben ser adecuadas para alojar el timón y en el caso que nos ocupa la hélice, ya que el buque a diseñar dispone de una sola línea de ejes.

#### 3.3.1.- Bulbo de popa

En lo que se refiere a la incorporación de un bulbo de popa será conveniente dejar la decisión final a las pruebas de canal, no obstante, debido a que presenta tanto ventajas como inconvenientes, en una fase inicial del proyecto, en aras de la simplificación, no se considerará, proyectándose la popa sin bulbo.

#### 3.3.2.- Semiángulo de salida

En primera aproximación se tomará un semiángulo de salida en la popa en torno a  $18^\circ$ , valor inferior a  $20^\circ$  el cual es un límite práctico ante el desprendimiento del flujo de agua.

#### 3.3.3.- Forma del codaste

Aquí se aplicará directamente la normativa de la SSCC. Será abierto con el timón colgado

Todavía no se ha estimado el diámetro de la hélice, por lo que no se pueden fijar las dimensiones del codaste. No obstante se adoptará una configuración de codaste abierto, definiéndose sus dimensiones al fijar las características de la hélice.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.4.- Cuerpo cilíndrico

Según se ha visto en el epígrafe 3, se utilizarán formas en U para las secciones transversales de cuerpo cilíndrico, ya que son muy favorables desde el punto de vista de la estabilidad transversal y proporcionan un adecuado volumen del doble fondo que permite manejar una cantidad de lastre que garantiza la estabilidad en las diferentes condiciones de carga.

El inconveniente que presenta la estructura de este buque es la presencia de mayores esfuerzos de torsión que en otros tipos de buques al ser de una sola bodega y tener toda la escotilla corrida.

#### 3.4.1. - Radio del pantoque

Se tomará como radio del pantoque el valor de la altura del doble fondo.

De acuerdo con la Regla D101, la altura del doble fondo para este tipo de buque se define según:

$$760 \text{ mm} \leq h = 1.000 \cdot \frac{B}{20} \leq 2.000 \text{ mm}$$

Según la regla la altura del doble fondo será de 475 mm,

tomándose como base el valor mínimo aceptable por las reglas de 760mm.

No obstante, la misma regla indica que la altura del doble fondo *“deberá ser suficiente para permitir un buen acceso”*.

Por tanto, en primera aproximación se tomará una altura del doble fondo de 1.100 mm, según las dimensiones del doble fondo de los buques de la base de datos, la cual podrá ser ajustada posteriormente en función de las necesidades estructurales y de estabilidad.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





## **4 DEFINICIÓN DE LAS FORMAS A PARTIR DE LOS COEFICIENTES DE FORMA**

Se definirán las formas del buque mediante la fijación de sus parámetros de forma; partiendo de los parámetros de forma obtenidos para el BP en el proceso de predimensionamiento, a partir de los datos disponibles de los buques que constituyen la base de datos de dimensionamiento.

Estos se considerarán definitivos cuando el valor fijado para cada uno de los parámetros adimensionales se encuentre dentro del rango de valores generalmente aceptado para el tipo de buque costero.

Obviamente el resultado final será una solución de compromiso, para lo que se deberán tener en cuenta todas las restricciones existentes debidas a los criterios de explotación que el armador ha impuesto.

Se utilizarán formas en U para las secciones transversales del cuerpo cilíndrico [2], ya que son muy favorables desde el punto de vista de la estabilidad transversal y proporcionan un adecuado volumen al doble fondo, lo que permite manejar suficiente cantidad de lastre para garantizar la estabilidad en las diferentes condiciones de carga.

Finalmente se analizarán las diferentes opciones de los cuerpos de proa y popa que puedan ser solución para el diseño del buque proyecto.

### **4.1.- Dimensiones y coeficientes de partida**

En el capítulo 1, los cálculos efectuados en el predimensionamiento, han proporcionado la definición del Buque Proyecto.

Para el análisis de formas se tomarán estos valores como valores iniciales, los cuales se muestran a continuación en las tablas V1/C2-T1 y V1/C2-T2

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# Buque Costero de Carga General

## Formas



DIMENSIONES DEL BUQUE PROYECTO	VALOR
Eslora entre perpendiculares - $L_{pp}$	50 m
Manga - $B$	9,50 m
Puntal - $D$	5,50 m
Calado - $T$	3,50 m
Francobordo – FB	2,00 m
Desplazamiento - $\Delta$	1.200 t
Puntal del doble fondo - $D_{DB}$	1 m

Tabla V1/C2-T1: Dimensiones del buque proyecto  
Fuente: elaboración propia

PARÁMETROS DEL BUQUE PROYECTO	ACRÓNIMO	VALOR
Coeficiente bloque	$\delta$	0,758
Coeficiente de la maestra	B	0,98
Coeficiente prismático	$\Phi$	0,765
Coeficiente de la flotación	$C_{WP}$	0,839

Tabla V1/C2-T2: Coeficientes adimensionales del buque base  
Fuente: elaboración propia

## 4.2.- Validación de los coeficientes adimensionales

El segundo paso en el proceso de definición de las formas consiste en la validación de los coeficientes del Buque Proyecto, ya que son el punto de partida o punto de consigna para la generación de las formas definitivas.

Los factores adimensionales que definen los buques del tipo costero sufren variaciones como consecuencia del rango de eslora que abarca este tipo de buque, comprendidos entre los 35 y 100 metros de eslora total.

Los valores propuestos para buques costeros [3] se muestran en la Tabla V1/C2-T3, en la que se comparan con ellos los valores obtenidos para el Buque Proyecto. En caso de que alguno se encuentre fuera de rango se procederá a reevaluar las dimensiones del buque base

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Formas



obtenidas en el capítulo 1 hasta llegar a un conjunto de parámetros adimensionales comprendidos todos ellos dentro del rango de validez correspondiente a cada parámetro.

Como se ve en la en la Tabla V1/C2-T3, el parámetro B/D queda fuera del rango propuesto. En este caso la manga se considerará como fija, ya que según se analizó en el capítulo 1 es una consecuencia de los requisitos del proyecto y por tanto es una restricción que no admite variaciones una vez definida en el buque base.

El parámetro a variar es el puntal, el cual para quedar dentro del rango debería adoptar un valor de 5,277 metros.

Este valor difiere del correspondiente al buque base, 5,50 metros, en 22,3 centímetros; lo que supone un 4% de variación.

Parámetro	Rango de validez	Buque Base	Válido
L/B	4,5 – 6,0	5,26	SI
B/T	2,4 – 9,0	2,71	SI
B/D	1,8 – 2,2	1,72	NO
CB	0,68 – 0,78	0,758	SI
CM	0,98 – 0,99	0,98	SI
Cwp	0,82 – 0,85	0,839	SI

Tabla V1/C2-T3: Rango de validez de los parámetros adimensionales del buque base  
Fuente: elaboración propia

El puntal se ha fijado en 5,50 metros como resultado de la necesidad de espacio para manipular la carga a bordo. Reducirlo a 5,277 metros, sería lo deseable desde el punto de vista de la minimización del desplazamiento en rosca; sin embargo. la diferencia que supone respecto del valor fijado en el buque base a efectos de formas es muy pequeña y un puntal de 5,227 haría muy difícil la estiba ágil de la última capa de pallets, lo que se traduce en incrementos de los tiempos de carga y descarga que a priori desaconsejan esta modificación del puntal.

Por este motivo se aceptará como valor definitivo del puntal 5,50 metros, tal y como se había previsto inicialmente.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Parámetros adimensionales del Buque Proyecto	Valor
L/B	5,26
B/T	2,71
B/D	1,72
CB	0,758
CM	0,98
C <sub>WP</sub>	0,839

Tabla V1/C2-T4: Parámetros adimensionales definitorios del buque base  
Fuente: elaboración propia

Por tanto el valor de los parámetros adimensionales validados para el Buque Proyecto, y que son el punto de partida en el proceso de generación de formas son los correspondientes a la tabla V1/C2-T4

## **5 DEFINICIÓN DE FORMAS MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE GENERACIÓN DE FORMAS CON MAXSURF**

En este epígrafe, a partir de las dimensiones principales del buque establecidas en el capítulo 1, se generarán unas formas por ordenador, obteniéndose un segundo conjunto de parámetros de forma.

### **5.1.- Generación de formas en Maxsurf a partir de las dimensiones y coeficientes del Buque Proyecto**

Se ha generado en Maxsurf un buque capaz de cumplir con las restricciones impuestas a las diemsniones fijadas en el capítulo 1.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla V1/C2-T6

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Formas



DIMENSIÓN/FACTOR	ACRÓNIMO	BUQUE DESARROLLADO EN MAXSURF
Eslora entre perpendiculares	$L_{pp}$	50 m
Manga	B	9,50 m
Puntal	D	5,50 m
Calado	T	3,50 m
Desplazamiento	$\Delta$	1.200 t
Coeficiente bloque	$\delta$	0,758
Coeficiente de la maestra	B	0,98
Coeficiente prismático	$\Phi$	0,765
Coeficiente de la flotación	$C_{WP}$	0,839

Tabla V1/C2-T6: Parámetros adimensionales por generación de formas  
Fuente: elaboración propia

## 6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

En la Tabla V1/C2-T7: se presenta la comparación de los resultados obtenidos con los dos métodos utilizados

DIMENSIÓN/FACTOR	ACRÓNIMO	BUQUE PROYECTO	BUQUE DESARROLLADO EN MAXSURF	DIFERENCIA %
Eslora entre perpendiculares	$L_{pp}$	50 m	50 m	0
Manga	B	9,50 m	9,50 m	0
Puntal	D	5,50 m	5,50 m	0
Calado	T	3,50 m	3,50 m	0
Desplazamiento	$\Delta$	1.200 t	1.200 t	0
Coeficiente bloque	$\delta$	0,758	0,758	0
Coeficiente de la maestra	B	0,98	0,98	0
Coeficiente prismático	$\Phi$	0,765	0,765	0
Coeficiente de la flotación	$C_{WP}$	0,839	0,839	0

Tabla V1/C2-T7: Comparación buque base – Buque Proyecto preliminar  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Formas



Se puede comprobar cómo se ha llegado a las mismas conclusiones por diferentes caminos, por lo que se adoptarán definitivamente como formas del Buque Proyecto las formas asociadas a los resultados presentados en la tabla V1/C2-T8

En esta tabla se completan las dimensiones del Buque Proyecto incluyendo el valor de los factores obtenidos en el epígrafe 3 como resultado de la definición de las formas.

DIMENSIÓN/FACTOR	ACRÓNIMO	FORMAS PRELIMINARES BUQUE PROYECTO
Eslora total	$LOA$	54,97 m
Eslora entre perpendiculares	$L_{pp}$	50 m
Longitud del cuerpo de entrada	$L_e$	12,847 m
Longitud del cuerpo cilíndrico	$L$	19,053 m
Longitud del cuerpo de salida	$L_s$	18,100 m
Manga	$B$	9,50 m
Puntal	$D$	5,50 m
Calado	$T$	3,50 m
Desplazamiento	$\Delta$	1.200 t
Semiángulo entrada en flotación	$\alpha$	33,1953°
Ángulo de lanzamiento	$\beta$	31,11°
Semiángulo de salida		20°
Bulbo de Proa		NO
Bulbo de popa		NO
Radio del pantoque	$R_p$	1.100 mm
Codaste		ABIERTO
Coeficiente bloque	$\delta$	0,758
Coeficiente de la maestra	$B$	0,98
Coeficiente prismático	$\Phi$	0,765
Coeficiente de la flotación	$C_{WP}$	0,839

Tabla V1/C2-T8: Dimensiones, coeficientes y criterios  
definitivos de las formas preliminares del Buque Proyecto  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Tras el proceso de generación de formas, se obtienen los valores preliminares de las dimensiones y coeficientes del Buque Proyecto.

Se adoptarán como formas preliminares del Buque Proyecto, a falta de la evaluación de la bondad de estas en función de la cifra de mérito seleccionada para el proyecto, las obtenidas en el proceso de modelado.

Una vez superada la evaluación de las mismas se convertirán en las formas definitivas del “Buque Proyecto”.

## **7 ANÁLISIS PREVIO DE LA CALIDAD DE LAS FORMAS ADOPTADAS**

Para evaluar la validez de las formas seleccionadas se efectúan dos comprobaciones.

En primer lugar se efectuará el análisis de la curva de áreas seccionales resultante y posteriormente se llevará a cabo una segunda validación de la estabilidad del diseño que ya se efectuó en el capítulo 1.1 puesto que alguno de los coeficientes de forma ha variado..

En caso de que se de por válida la curva de áreas seccionales las formas preliminares se considerarán aceptables dando lugar al plano de formas del Buque Proyecto. En caso contrario se reevaluarían las formas con las modificaciones incorporadas a la curva, dando lugar a un nuevo plano de formas.

La curva de áreas seccionales que se incluye en el Anexo I y el plano de formas correspondiente al Buque Proyecto se presenta en el Anexo II.

### **7.1.- Análisis de la curva de áreas seccionales.**

La curva de áreas seccionales se ha obtenido directamente del programa MAXSURF una vez fijadas las formas del buque definitivo seleccionado como Buque Proyecto.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Formas***



La curva de áreas representa el área bajo la línea de flotación que encierra cada cuaderna para la línea de flotación al calado de proyecto.

Los elementos que definen la curva de áreas seccionales son:

- Hombro de proa
- Hombro de popa
- Zona de transición de popa
- Zona de transición de proa
- Hombro de entrada
- Hombro de salida

Se aprecia que la curva del Buque Proyecto incluida en el Anexo I, presenta en todas sus zonas el aspecto que, en general presentan los buques de carga general de esloras inferiores a 60 m, por lo que se considerará como válida para el diseño.

## **7.2.- Análisis de la estabilidad.**

En el capítulo 1.1 se efectuó una evaluación preliminar de la estabilidad del diseño que resultó satisfactoria. Una vez fijados definitivamente las dimensiones principales del buque y sus formas se procederá a efectuar una segunda evaluación, habida cuenta de que algún parámetro adimensional ha sido modificado.

### **7.2.1.- Coordenadas del CDG del Buque Proyecto**

Para la estimación de la posición del CDG del Buque Proyecto se aplicaron las ecuaciones aproximadas del “Método combinado para el cálculo del peso y el centro de gravedad en rosca”

$$KG = 0,9764 \cdot D^{0,83292} \text{ metros}$$

$$LG = 0,43912 \cdot L_{pp} \text{ metros}$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





Puesto que el puntal y la eslora entre perpendiculares son las ya obtenidas para el buque base, resultan idénticas a las ya calculadas en el capítulo 1.1. Por tanto las coordenadas del centro de gravedad del Buque Proyecto son:

$$\begin{aligned}KG &= 3,779 \text{ m} \\XG &= 22,705 \text{ m} \\CLG &= 0 \text{ m}\end{aligned}$$

### 7.2.2.- Buque Proyecto: evaluación de la estabilidad inicial en condición de buque intacto

De la misma manera que en el capítulo 1.1 se aplicará como verificación de la estabilidad en la etapa inicial del proyecto el criterio IMO que exige que la altura metacéntrica transversal inicial sea superior a 0,15 metros.

$$GM = KM - KG > 0,15 \text{ m}$$

El radio metacéntrico transversal se calculará a partir de la fórmula de Schneelkuth.

$$KM = B \left( C \cdot \frac{0,08 \cdot B}{\sqrt{CM} \cdot TS} + \frac{0,9 - 0,3CM - 0,1CB}{B/TS} \right)$$

Se introducirán en la fórmula propuesta los cambios experimentados por los coeficientes, siendo el único efectuado el que afecta al valor del Coeficiente de Prismático CP, que pasa de CP = 0,716 en el Buque Base a CP = 0,765 en el Buque Proyecto.

Tanto para el cálculo de C como para el cálculo de TS, CP no se encuentra presente en las ecuaciones, por lo que a igualdad de valores del resto de los coeficientes se mantienen los valores calculados en el capítulo 1 en la página 82.

Por tanto:

- Factor C = 0,884
- TS = 0,67 m

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Así pues el KM tampoco experimenta cambios, resultando:

$$KM = 9,3 \left( 0,8884 \cdot \frac{0,08 \cdot 9,3}{\sqrt{0,98 \cdot 0,67}} + \frac{0,9 - 0,3 \cdot 0,98 - 0,1 \cdot 0,758}{9,3 / 0,67} \right) = 9,6399m$$

De la misma manera que en el capítulo 1, de acuerdo con la resolución IMO A 473 (18) Ch3 3.1.2.4.

$$GM = KM - KG > 0,15 \text{ m}$$

$$GM = 9,639 - 3,779 = 5,86 \text{ m} > 0,15 \text{ m}$$

Por tanto se comprueba que las formas seleccionadas garantizan la estabilidad inicial del Buque Proyecto presentando un margen de seguridad sobre el mínimo establecido suficientemente amplio como para poder considerar satisfactorias las formas seleccionadas.

Una vez definidas las formas, en el capítulo 1.4 correspondiente a los cálculos de arquitectura naval se definirán las curvas KN, y se procederá a efectuar un análisis completo de la estabilidad del buque para las diferentes condiciones de carga previstas.

## 8 CONCLUSIONES SOBRE LAS FORMAS

Como resultado del análisis efectuado sobre la curva de áreas seccionales resultante de la transformación del buque origen, se concluye que los elementos que definen la curva como son la longitud del cuerpo cilíndrico, los hombros de proa y popa y las transiciones correspondientes, se mantiene dentro de los rangos aceptables para cada uno de ellos para el tipo de buque estudiado y por tanto el plano de formas que define al Buque Proyecto se considera adecuado al diseño previsto y se adopta como plano de formas del Buque Proyecto.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## REFERENCIAS DEL TEXTO

- [1] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, las formas, diapositiva 245.* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [2] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto las formas, , diapositiva 294.* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [3] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* epígrafe 2.5.2. página 329
- [4] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* epígrafe 1.3.1.5. página 86

## BIBLIOGRAFIA

Alvariño, R.; Aspiroz, J. Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* Madrid, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Linblad, A. (1961): *On the design of lines for merchant ships.* Chalmers University Transactions N° 240

*Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, dimensionamiento,* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## PAGS WEB CONSULTADAS

- [W1] <http://www.veristar.com/wps/portal/equasis?IMO=7424645> 12-marzo-2014  
Veristar:  
página web de la sociedad de clasificación Bureau Veritas.  
Un ejemplo de hoja de datos típica de las utilizadas en la construcción de la base de datos de un buque se encuentra en la dirección citada
- [W2] <http://www.equasis.org/>, 15-marzo-2014

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



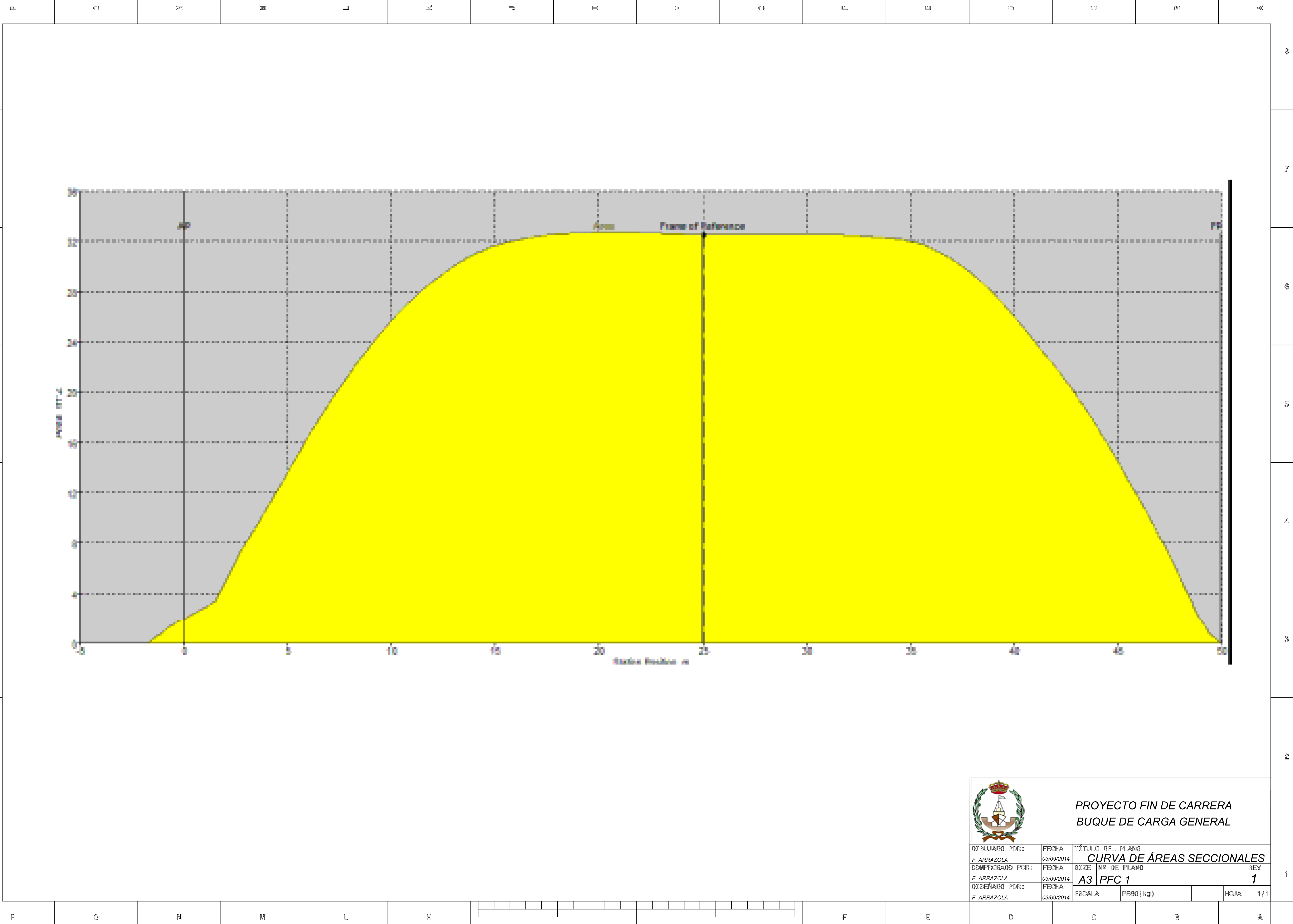
**ANEXO I:**  
**PLANO PFC 1: CURVA DE AREAS SECCIONALES**

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*





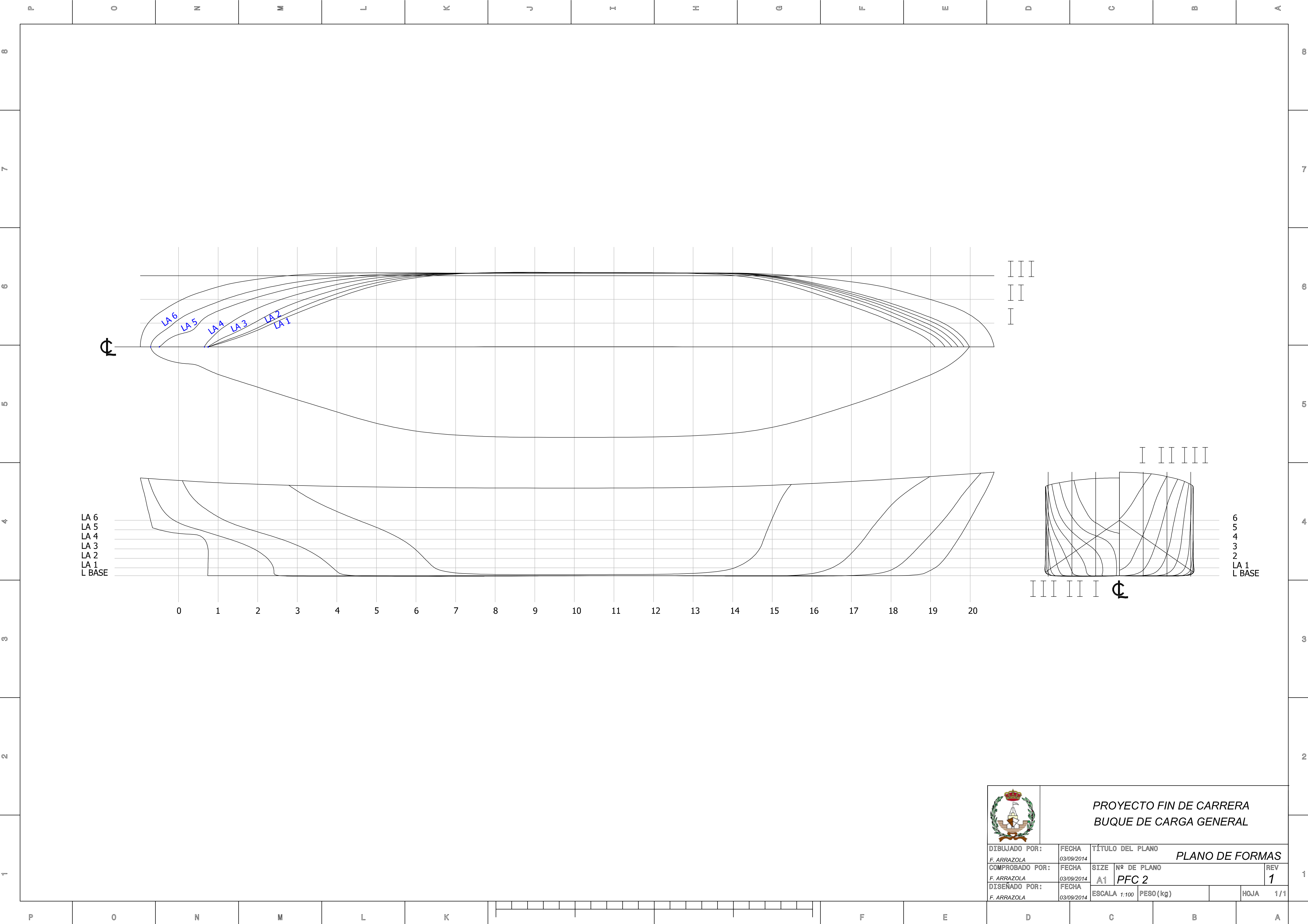
**ANEXO II:**  
**PLANO PFC 2: PLANO DE FORMAS DEL BUQUE PROYECTO**

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*







**Capítulo**

**1.3**

# CAPÍTULO 1.3

## Disposición general

*Una vez definidas las formas del buque  
es necesario establecer la distribución física tanto  
de la estructura como de los espacios que va a contener, teniendo en cuenta  
que existe una estrecha relación entre ambos factores*



## **1 FACTORES CONDICIONANTES DE LA DISPOSICIÓN GENERAL DEL BUQUE**

El objeto de la definición de la disposición general consiste en establecer un modelo estructural del buque capaz de alojar los espacios que lo configuran para dar respuesta a las exigencias impuestas por el armador.

Para ello se establecerá una subdivisión del buque que permita cumplir con los requisitos de proyecto, principalmente la capacidad de la bodega. Complementariamente se ajustarán el resto de los espacios, fijándose la eslora de la cámara de máquinas y posteriormente la eslora de los demás espacios del buque.

El proceso se inicia calculando el número de secciones que definen el buque. Para ello se establecerá el espaciado más conveniente entre cuadernas y bulárcamas. Seguidamente se definirá el número de mamparos transversales y su ubicación en función de los requisitos impuestos por la normativa.

Finalmente se ubicarán los espacios del buque fijando el número de las secciones entre las que se encuentra comprendido cada uno de ellos, ajustándose la ubicación de los mamparos estancos y las bulárcamas a esta definición de espacios.)

La disposición general del buque se establecerá a partir de cuatro factores:

- Dimensiones y formas del buque a proyectar.
- Tipo de buque
- Criterios de diseño
- Requisitos de la estructura

Como resultado se obtendrá una distribución de los espacios y la estructura capaz de cubrir las necesidades del proyecto.

Finalmente, en el proceso de cálculo de la estructura, se aplicarán al diseño las restricciones impuestas por los reglamentos con el objeto de verificar que el proyecto garantiza la adecuada resistencia estructural del buque.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# **Buque Costero de Carga General**

## **Disposición General**



Previamente a la definición de la disposición general se analizaran los requisitos del proyecto desde la perspectiva del establecimiento de los espacios del buque y sus usos, los cuales fueron aplicados anteriormente al proceso de predimensionamiento.

En cierto modo, la definición final de la disposición general del buque, se puede considerar como la segunda fase del predimensionamiento, en la cual se incluyen todos aquellos elementos que no ha sido posible definir previamente y que finalmente completan el buque.

### **1.1.- El buque a proyectar**

En el epígrafe 2 del cuaderno 1, “especificaciones del buque a proyectar” se presentaron los requisitos del proyecto, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>REQUISITO</b>
Tipo de buque:	Costero
	Carga general apto para graneles que no son grano
Zona geográfica:	Oceánico adaptado al Mediterráneo.
Velocidad máxima:	10 nudos
Autonomía:	7.500 millas
Reglamento:	Bandera española, Convenios y códigos de la IMO y reglas de DnV .

Tabla V1/C3-T1: Requisitos previos del diseño del buque  
Fuente: elaboración propia (Según tabla 1 del cuaderno 2)

A partir de los requisitos del proyecto se seleccionó la siguiente alternativa:

<b>DIMENSIÓN</b>	<b>VALOR</b>
Eslora entre perpendiculares	50 m
Eslora total	54,98 m
Manga de trazado	9,30 m
Puntal de trazado	5,40 m
Calado	3,50 m
Francobordo	2,00 m
Puntal de bodega	4,3 m
Puntal del D/F	1,1 m
Desplazamiento en rosca	426,95 t
Peso muerto	830,416 t
Desplazamiento total a plena carga	1.257,368 t

Tabla V1/C3-T2: Dimensiones del buque proyecto  
Fuente: elaboración propia (Según Tabla 9 del cuaderno 2)

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



### **1.2.- Tipo de buque**

Una vez que se han fijado las dimensiones del buque proyecto y antes de plantear la distribución general, se procederá a definir el tipo de buque, lo cual permitirá identificar el conjunto de reglas a aplicar al diseño.

Tal y como quedo establecido en el cuaderno 1 en los requisitos del armador, el buque estará destinado al transporte de cargas paletizadas y materiales de construcción así como de áridos de construcción a granel, es decir graneles sólidos que no son grano. Por tanto, atendiendo a las necesidades del proyecto el buque se definirá como:

### **BUQUE DE CARGA GENERAL APTO PARA EL TRANSPORTE DE GRANELES SOLIDOS QUE NO SON GRANO**

### **1.3.- Criterios de diseño**

Una vez identificado el tipo de buque y previamente a su desarrollo es necesario especificar claramente la bandera y la sociedad de clasificación bajo la que se clasificará el buque objeto del proyecto.

Seguidamente se le asignará una notación de clase, es decir se seleccionará una sociedad de clasificación y se definirá su cota de clase de acuerdo con los reglamentos de la sociedad de clasificación elegida.

#### **1.3.1.- Bandera.**

El buque enarbolará bandera española

El buque cumplirá con todos los requisitos impuestos por los convenios internacionales refrendados por el estado español y los requisitos propios exigidos por la administración.

#### **1.3.2.- Sociedad de clasificación**

El presente buque se clasificará siguiendo las directrices de la sociedad de clasificación Det Norske Veritas.

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*



### 1.3.3.- Cota de clasificación

Como consecuencia de los requisitos del diseño y las soluciones adoptadas se define una tipología de buque la cual se especifica a través de la notación de clase que se asigna al buque.


El buque cumplirá con todas las exigencias impuestas por la sociedad de clasificación DnV para el diseño de este tipo de buques; por lo que su notación de clase y consecuentemente la aplicación de las reglas correspondientes seguirán las exigencias de esta sociedad de clasificación; sin perjuicio de la aplicación de otros requerimientos de índole internacional y los propios de la bandera que enarbola el buque que será la española.

Atendiendo a la sociedad de clasificación, la notación de clase del buque se compondrá de dos bloques, el primero referente a la notación obligatoria del buque, el segundo que indica los requerimientos opcionales.

#### 1.3.3.1.- Notación de clase obligatoria

La notación obligatoria exige la definición de los siguientes campos:

- Símbolo de construcción
- Carácter principal de la clase
- Restricciones según el área de servicio
- Tipo principal de buque
- Notación de clase obligatoria para esquema de inspección
- Notaciones de clase obligatoria por refuerzo adicional (additional strengthening)

El buque incorporará el símbolo de construcción  cuya presencia indica que se trata de un buque cuyo diseño y construcción se han efectuado bajo las reglas y supervisión de una sociedad de clasificación.

La cruz de malta vendrá seguida del carácter principal de la clase, expresada por la notación 1A1.

El buque se ha diseñado para una navegación sin restricciones, por lo que no incorpora notación de clase a este respecto.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



En cuanto al tipo principal de buque se le asignará la denominación Bulk Carrier ya que su diseño admite el transporte de cargas sólidas a granel, aunque no le estará permitido el transporte de grano.

La notación de clase obligatoria para el esquema de inspección establece el sistema de inspección que imperativamente seguirá el buque a lo largo de su vida útil. Al ser del tipo Bulk Carrier la sociedad de clasificación impone el esquema ESP.

La notación de clase obligatoria por refuerzo adicional se refiere a una notación de clase a aplicar a aquellos buques reforzados para servicios especiales, como podría ser la condición de hielo. No es de aplicación en este caso.

### *1.3.3.2.- Requerimientos opcionales de clase*

La notación opcional exige la definición de los siguientes campos:

- Tipo opcional de buque
- Notaciones opcionales relacionadas con la carga
- Notaciones opcionales relacionadas con el esquema de inspección
- Notaciones opcionales relacionadas con el área de servicio
- Notaciones opcionales relacionadas con el equipo y sistemas
- Notaciones opcionales relacionadas con las características de diseño

Siguiendo este esquema de presentación de la notación del buque se describen seguidamente las diferentes asignaciones

#### a) Tipo opcional de buque

En cuanto a los requerimientos opcionales, en lo referente a la notación a aplicar al tipo de buque, se le asignará General Cargo Carrier ya que el buque está adecuado al transporte de cargas secas en general. Bajo los reglamentos del DnV esta notación es obligatoria siempre que el buque esté diseñado para el transporte de cargas sólidas a granel, como es en este caso.

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*



b) Notación opcional relacionada con la carga

Es una notación a asignar a buques diseñados para cargas con propiedades específicas, como podría ser el transporte de azúcar a granel.

No es de aplicación en este buque

c) Notación opcional relacionada con el área de servicio

La operación del buque fuera de las zonas polares no exige notaciones opcionales relacionadas con el área de servicio

d) Notación opcional relacionada con el esquema de inspección

En la notación obligatoria relacionada con el esquema de inspección guarda se asignó el esquema de inspección ESP “Enhanced survey programme”. No se incorporara notación adicional a este respecto

e) Notaciones opcionales relacionadas con el equipo y sistemas

A los buques cuyos sistemas están diseñados para responder a requisitos relevantes de clasificación se les asignan notaciones opcionales.

Se aplicarán aquellas cuya relación se muestra a continuación

**BWM-E-EP** Gestión de los sistemas de agua de lastre de acuerdo con la Ballast Water Convention.

**CLEAN –DESIGN** Control y limitación de las emisiones operacionales

**CRANE** Certification de grúas y para manipulación de cargas “lift on/lift off” cargo handling

**E0 - ECO** Instrumentación centralizada para operación de máquina desatendida

**NAUT-NAV-O** Requerimientos para el diseño del Puente instrumentación y procedimientos bajo requerimiento “Bridge Control Console”.

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*



a) Notación opcional relacionado con las características de diseño

Como notaciones opcional relacionadas con las características de diseño relevante se ha seleccionado la nota:

**COAT-1-2- PSPC** referente a los requerimientos adicionales para la prevención de la corrosión en tanques de lastre, bodegas y otros espacios del buque de acuerdo con lo previsto por la convención internacional SOLAS Ch.II-1 Pt.A-1, Reg. 3-2 y según la resolución del comité de seguridad IMO Res. MSC.215(82).

### 1.3.4.- Notación de clase definitiva

Como resultado de los requisitos exigidos por le armador, en el desarrollo del proyecto se seguirá la notación de clase genérica:

**✠ 1A1 Bulk Carrier / General Cargo Carrier / ESP**

Aplicándose en los cuadernos correspondientes del proyecto todos los requisitos asociados a la notación adicional descrita en los epígrafes 2.3.3.1 y 2.3.3.2 según:

**BWM-E-EP / CLEAN –DESIGN / CRANE /E0 - ECO /  
/ NAUT - NAV- O / COAT-1-2- PSPC**

## **2 NORMATIVA A APLICAR**

Debido a que el buque es de bandera española se le aplicará la normativa de la Administración española especialmente lo especificado en el Real Decreto de abanderamiento de buques y Real Decreto de Inspección de buques civiles, así como la normativa española complementaria

Debido a que la eslora del buque (Según ILLC 69) es mayor de 24 metros y su arqueó, en la fase de proyecto, es mayor de 500 GT; se aplicará el Convenio SOLAS y todas aquellas otras convenciones y convenios publicados por IMO que sean de aplicación al buque en función de su tipología, dependiendo de la adopción que la Administración Española haya hecho de ellas. En aquellos casos que pudieran existir dudas se ejecutará el diseño siguiendo la normativa IMO.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***




A lo largo del proyecto se hará referencia a cada uno de estos instrumentos en su capítulo correspondiente.

Para completar el diseño se aplicarán las reglas publicadas por la sociedad de clasificación Det Norske Veritas, DnV.

### **2.1.- Reglas de la sociedad de clasificación a aplicar para el diseño**

Se enumeran a continuación las reglas a aplicar al diseño del buque como consecuencia de la asignación de clase efectuada en el epígrafe 2.3.4. según los criterios de la sociedad de clasificación Det Norske Veritas, DnV.

La presencia de la Cruz de Malta  garantiza el diseño y la construcción bajo las exigencias de la sociedad de clasificación. Seguidamente se especificarán las reglas a aplicar

El carácter principal de la clase, establecido por la notación 1A1, exige el diseño del casco, maquinaria sistemas y equipos de acuerdo con las reglas correspondientes a las partes Pt.2 MATERIALS AND WELDING, Pt.3 HULL AND EQUIPMENT — MAIN CLASS y Pt.4 MACHINERY AND SYSTEMS — MAIN CLASS.

Concretamente, en para el diseño del Buque Proyecto, cuya eslora total es de 54,98 m, se seguirán las reglas de DnV correspondientes a la Parte 3 “HULL AND EQUIPMENT” — MAIN CLASS” en su Capítulo 2 : “Hull Structural Design, Ships with Length less than 100 metres”

La aplicación del esquema de inspección ESP “Enhanced Survey Programme” seguirá las exigencias de las reglas correspondientes a la Parte.7 Ch.1 Sec.2, Sec 3 y Sec. 4

En la notación correspondiente al tipo opcional de buques, complementariamente, se aplicarán las reglas correspondientes a la Parte 5 del citado reglamento “SPECIAL SERVICE AND TYPE — ADDITIONAL CLASS” contenidas en el Capítulo 2: “Passenger and Dry Cargo Ships.” en la sección 4 “General Cargo Carrier” y la sección 5 “Dry bulk Cargo Carriers”

Adicionalmente se tomarán en consideración los requerimientos contenidos en la Sec.8 de esta misma Pt.5 ENHANCED STRENGTH FOR BULK CARRIERS en los casos que sean de aplicación.

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



La reglamentación de aplicación para las notaciones opcionales del equipo y sistemas responderán al listado referenciado a continuación:

**BWM-E-EP** Gestión de los sistemas de agua de lastre de acuerdo con (BWM/CONF/36) Pt.6 Ch.18 Sec.3

**CLEAN – DESIGN** Control y limitación de emisiones según Pt.6 Ch.12

**CRANE** El diseño de los sistemas de manipulación de cargas “lift on/lift off” cargo handling adecuado al transporte de cargas secas en general cumplirá con los requisitos contenidos en las reglas de la Parte 5 Ch.2 Sec.4. y con las reglas referentes a las grúas contenidas en la Pt.6 Ch.1 Sec.3

**E0-ECO** La operación de máquina desatendida, UMS, seguirá los requisitos contenidos en Pt.6 Ch.3

**NAUT – NAV - O** Diseño del Puente bajo requerimiento “bridge control Console”: Pt.6 Ch.8, Ch.16

Como notación opcional de característica de servicio se ha adoptado la nota **COAT-1-2- PSPC** para la prevención de la corrosión en los tanques: Pt.3 Ch.1 Sec.15

### **3 DISPOSICIÓN DE LA ESTRUCTURA**

El objeto de la definición de la disposición general de la estructura consiste en establecer un modelo estructural del buque capaz de alojar los espacios que lo configuran para dar respuesta a las exigencias impuestas por el armador.

El proceso se inicia calculando el número de secciones que definen el buque. Para ello se establecerá el espaciado más conveniente entre cuadernas y bulárcamas. Seguidamente se definirá el número de mamparos transversales en función de los requisitos impuestos por la normativa.

#### **3.1.- Distribución de secciones transversales**

Se definirá en primer lugar la clara entre cuadernas y posteriormente el espaciado entre bulárcamas que garantice la resistencia estructural del buque con el mínimo peso del acero.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



### 3.1.1-. Clara entre cuadernas

Para fijar clara de cuadernas se ha seguido el criterio de minimización de costes impuesto al inicio del proyecto. Por tanto se establecerá una separación homogénea de la secciones en los tres cuerpos del buque, proa popa y cilíndrico, para facilitar el proceso de soldadura y reducir el tiempo y coste de producción.

Se han seguido las recomendaciones del profesor Ricardo Martín Domínguez en su libro “Cálculo de estructuras de buques” (Vol II, pp 479).

La clara entre cuadernas se ha obtenido aplicando los cálculos contenidos en las reglas de la sociedad de clasificación. El resultado obtenido se ha cruzado con la información proporcionada por la base de datos utilizada para el diseño preliminar. Para ello se ha generado una tabla específica para la evaluación de la clara entre cuadernas, en la que se han incluido exclusivamente aquellos buques cuya eslora entre perpendiculares es muy próxima a la del Buque Proyecto, 50 metros.

Aplicando las reglas de la sociedad de clasificación:

**“S = a standard frame spacing, in mm, and is to be taken as  $2(L + 240)$ ”**

En esta ecuación L se mide de acuerdo con la “Rule Length” según el Convenio Internacional de Líneas de Carga de 1964, que define la eslora como:

**6.1.1 Rule length,  $L$ , is the distance, in metres, on the summer load waterline from the forward side of the stem to the after side of the rudder post or to the centre of the rudder stock if there is no rudder post.  $L$  is to be not less than 96 per cent, and need not be greater than 97 per cent, of the extreme length on the summer load waterline. In ships with unusual stem or stern arrangements the Rule length,  $L$ , will be specially considered.**

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



En el caso del buque proyecto la “Rule Length” es la eslora reglamentaria, la cual es  $L_{reg} = 50,65$  m como se puede comprobar en el cuaderno correspondiente al cálculo de las condiciones de estabilidad del buque proyecto.

Llegando al siguiente resultado:

$$S = 2 \times (50,65 + 240) = 581,3 \text{ mm}$$

Los patrones de construcción habituales para este tipo de barcos que sitúan la clara entre cuadernas entre 500 mm y 750 mm. A criterio del diseñador, para facilitar la construcción y debido a que los valores del cálculo se encuentran comprendidos dentro del rango de la base de datos de la tabla 4, se adoptará una clara entre cuadernas  $S = 580$  mm

### ***3.1.2-. Espaciado entre bulárcamas***

El espaciado entre bulárcamas no se mantiene constante a lo largo de la eslora del buque.

Se dispondrá la estructura de manera que permita tener un número entero de bulárcamas en la eslora de la bodega y que las secciones de proa y popa de la brazola que soporta las tapas de escotilla de la bodega se apoyen sobre bulárcamas.

Siguiendo el criterio del profesor Ricardo Martín, se ha escogido un espaciado de bulárcamas de acuerdo con la práctica generalizada observada en los buques incluidos en la base de datos de la tabla 3.3 y que es de tres cuadernas, lo que implica cuatro claras de cuaderna, que se mantendrá constante a lo largo del cuerpo cilíndrico.

En la zona de cámara de máquinas, se cuadrará la eslora de cámara de máquinas con un número entero de bulárcamas garantizando de esta forma una adecuada resistencia estructural.

En el rasel de popa y en el rasel de proa se adoptará una separación entre bulárcamas que refuercen la estructura convenientemente.

Para establecer la ubicación definitiva de bulárcamas en la disposición general del buque es necesario definir la subdivisión del buque, de manera que se armonice la localización de las bulárcamas con la ubicación de los mamparos transversales y las dimensiones de la escotilla de la bodega.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Disposición General



BUQUE	SHIPYARD	Año	Eslora (m)		Manga (m)	Calado (m)	Puntal (m)	Clara entre cuadernas (mm)	Espaciado de bulárcamas en nº de cuadernas
			Loa	Lpp					
PABEN	Batservice Verft	1966	54,98	50,65	9,3	3,54	5,5	580	3
ARDENT	Yorshire Dry Dock	1983	54,77	51,89	9,4	3,58	4,33	500	4
CHARIOT	Bogense S/V	1984	54,9	50,75	9,6	4,51	5,6	575	3
HASLVIK III	Bogense S/V	1983	54,9	50	9,6	3,65	5,6	580	3
KAZIM DADAYLI	Dearsan Gem	1988	54	48	9	3,9	4,47	525	3
VARGOY	Fosen	1973	55,3	50,8	11	4	6,7	600	3
DANICA BROWN	Sakskobing Skibsværft	1986	62,6	57,8	10,2	4,5	5,6	515	4
DANICA WHITE	Sakskobing Skibsværft	1985	61,55	58,2	10,2	4,5	5,6	550	3
DORY	AS Maritime Sveiseindustri	1976	46,16	42,85	9,5	3,89	6,76	680	3
AL JABER XI	Santan	1984	48,21	43,8	12	2,11	3	650	4
CAP ST GEORGES	Nordsovaerft	1973	49,75	44,45	8,3	3,46	5,5	700	3
CASAMANCE	Nordsovaerft	1975	49,75	44,45	8,3	3,44	5,5	700	3
VARUA VAIKAVA	Nordsovaerft	1976	49,75	44,3	8,3	3,72	5,5	625	4
FINNOYBULK	Elberweften Boizenburg	1970	49,85	45,12	10,1	3,92	5,6	675	4
LARK	Yorshire Dry Dock	1984	58,27	54,7	9,4	3,89	4,75	575	3
HAVBLIK	Orens	1969	61,45	55,66	9,85	4,72	5,6	570	4
LADY GERALDINE	Siong Huat	1985	61	52,87	12	2,41	3,31	575	3
LONG ISLAND	Van Goor	1978	63	59,8	9,4	3,4	4,05	515	3

Tabla V1/C3-T3: Base de datos de clara entre cuadernas  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.1.3.- Número de secciones que componen el buque

El espaciado entre secciones permite definir el número de secciones de que estará compuesto el buque proyecto. La eslora total del buque obtenida en el proceso de predimensionamiento es de 54,98 m por lo que resulta un número de secciones:

$$N^{\circ} \text{ secciones} = 54,98 \text{ m} / 0,58 \text{ m/sección} = 94,79 \text{ secciones}$$

Se ajustará el número de secciones a 95, dejando una de ellas de inferior dimensión para cuadrar el buque en el extremo de popa.

A continuación se precisa la definición de las secciones tomando como base la eslora entre perpendiculares del buque y como origen de coordenadas la perpendicular de popa del mismo. En primer lugar se hará una división del casco en cuerpo de proa, cuerpo cilíndrico y cuerpo de popa.

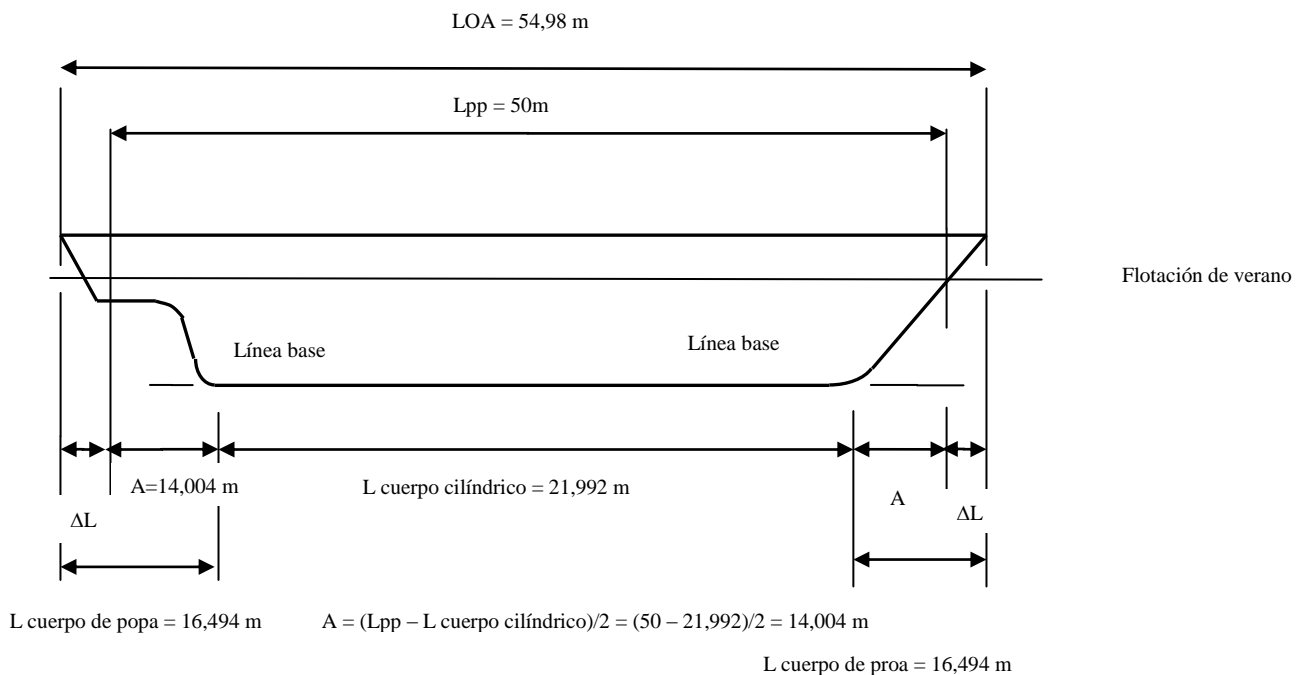


Figura V1/C3-F1: Cálculo de la eslora de los cuerpos del buque  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



Desde el punto de vista estructural, que no del hidrodinámico, la sociedad de clasificación considera que el cuerpo cilíndrico viene definido por  $0,4L$ , siendo  $L$  la eslora total del buque.

Según el proceso de predimensionamiento la eslora total del buque es  $L = 54,98$  m, resultando la eslora del cuerpo cilíndrico  $21,992$  m. Consecuentemente, la eslora de los cuerpos de proa y popa será de  $16,494$  m en ambos casos.

Conocido  $A$ , bastará despejar  $\Delta L$  para conocer el número de secciones que se extienden mas allá de las perpendiculares del buque.

$$LOA = L_{pp} + 2 \cdot \Delta L$$

$$54,98 = 50 + 2 \cdot \Delta L; \quad \Delta L = 2,444 \text{ m}$$

Puesto que la clara entre cuadernas es de  $0,58$  m resulta

$$\Delta L = 2,444 \text{ m} = 2,444 \text{ m} / 0,58 \text{ m/sección} = 4,21 \text{ secciones}$$

La eslora entre perpendiculares está constituida por

$$L_{pp} = 50 \text{ m} / 0,58 \text{ m/sección} = 86,20 \text{ secciones}$$

Por tanto el buque estará compuesto por:

$$LOA = (2 \cdot 4,21 \text{ secciones}) + 86,20 \text{ secciones} = 94,62 \text{ secciones}$$

No es posible fijar fracciones de sección, por lo que se establecerán 95 secciones, de las cuales 94 estarán separadas uniformemente a  $580$  mm, lo que supone una eslora de  $54,52$  m que será completada hasta los  $54,98$  m de eslora total por un única sección de  $460$  mm, que se ubicará en la popa del buque.

Por tanto la disposición general del buque se establecerá ubicando la sección 0 en la perpendicular de popa, 91 secciones a proa numeradas desde la 1 hasta la 91, y cuatro secciones a popa numeradas de la -1 a la -4

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*



### 3.2.- Subdivisión: mamparos estancos transversales

El número de mamparos estancos a bordo viene definido por la necesidad de configurar los diferentes espacios que componen el buque y la exigencia del número mamparos estancos transversales mínimo a que obliga el SOLAS

Los espacios del buque se precisaron en el epígrafe 4, dando lugar a una subdivisión óptima. El número de mamparos estancos transversales del buque es pues consecuencia de los requisitos impuestos por el armador, las exigencias de los reglamentos del DnV, los requisitos obligatorios que para ese tipo de buques exige la convención SOLAS y los diversos convenios de la IMO y el planteamiento de una ubicación de la habilitación y cámara de máquinas del tipo “todo a popa”.

Según la regla DnV A 500 Pt3 Ch 2 Sec 3, los mamparos estancos se extenderán hasta la cubierta de francobordo, considerada en este buque coincidente con la cubierta de intemperie y denominada cubierta principal.

Por tanto la altura de todos los mamparos estancos de este buque será hasta la citada cubierta, quedando definidos los espacios verticales del buque y por consiguiente la subdivisión del mismo como consecuencia del número de mamparos estancos de que dispone.

#### 3.2.1.- Número obligatorio de mamparos transversales estancos

De acuerdo con la “International Convention on Load Lines” y “SOLAS 74/78 Chapter 2-I” y sus posteriores enmiendas y siguiendo las recomendaciones de las “Rules for Classification of Ships” publicadas por la Sociedad de Clasificación Det Norske Veritas en su Parte 3 (Pt 3: HULL AND EQUIPMENT — MAIN CLASS) Capítulo 2 (Ch 2:Hull Structural Design, Ships with Length less than 100 metres) Sección 3A (Sec. 3:DESIGN PRINCIPLES, A. Subdivision and Arrangement), regla A301

- Un mamparo de colisión
- Un mamparo a proa del rasel de popa
- Un mamparo en cada extremo de la cámara de máquinas

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



A este buque, al tener una disposición general del tipo “todo a popa”, se aplicará la excepción que considera la regla permitiendo un diseño que integre el mamparo correspondiente al extremo de popa de la cámara de máquinas con el mamparo estanco instalado a proa del rasel de popa.

El mamparo de proa de la cámara de máquinas será compartido con la bodega, separando la cámara de máquinas de los espacios de carga.

La regla proporciona las directrices que establecen el número mínimo de mamparos estancos. Al ser un requerimiento de mínimos permite la incorporación de mamparos estancos adicionales.

En este caso se ubicara un mamparo extra a proa de la bodega. La función es claramente la contención de la inundación en caso de entrada de agua en los espacios de carga.

De esta manera quedan completamente separados los espacios de máquinas de tipo A de los espacios de carga y se proporciona una subdivisión superior al mínimo requerido por el SOLAS, con el consiguiente incremento de seguridad y una penalización despreciable del desplazamiento en rosca.

En este mamparo, y únicamente en este, dispondrá de un acceso a la bodega, para lo cual se instalará una puerta estanca según la regla A 601 Pt3 Ch 2 Sec 3

Por tanto, se instalarán cuatro mamparos estancos transversales:

- Mamparo de colisión
- Mamparo de proa de la bodega
- Mamparo e popa de la bodega, coincidente con el mamparo de proa de la cámara de máquinas
- Mamparo de popa de la cámara de maquinas, coincidente con el mamparo de proa del rasel de popa

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



### 3.2.2.- Posición del mamparo de colisión (regla A 400 Pt3 Ch 2 Sec 3)

Siguiendo la regla A 401 Pt3 Ch 2 Sec 3, la distancia xc desde la perpendicular de proa PF al mamparo de colisión se tomará entre los siguientes límites:

$$\begin{aligned} xc (\text{minimo}) &= 0,05 LF - xr (\text{m}) = 0,05 \cdot 50 - 0 = 2,5 \text{ m} \\ xc (\text{maximo}) &= 0,05 LF + 3 - xr (\text{m}) = 0,05 \cdot 50 + 3 - 0 = 5,5 \text{ m} \end{aligned}$$

De acuerdo con esta misma regla se tomará  $xr = 0$  debido a la ausencia de bulbo

Inicialmente se tomará la distancia mínima compatible con las reglas citadas que es de  $xc = 2,5$ . En la fase de análisis de la estabilidad se evaluará si esta posición del mamparo de colisión proporciona un volumen adecuado del rasel del proa. Caso de no ser así se procederá a modificar, manteniendo siempre la limitación máxima de distancia impuesta por la regla.

### 3.2.3.- Posición del mamparo estanco del rasel de popa

No se exigen requisitos sobre la ubicación de este mamparo. En este buque el mamparo del rasel de popa coincide con el mamparo de popa de la cámara de máquinas, por lo que ese se ubicará en la sección mas adecuada para el diseño de la cámara de máquinas que sea compatible con el trimado y la estabilidad del buque

### 3.2.4.- Posición de los mamparos estancos de la cámara de máquinas

Ubicado el del rasel de popa u conocida la longitud de la CM tenemos la posición del mamparo de proa de cm

## **3.3.- Disposición de elementos longitudinales**

Los elementos longitudinales a definir son las cubiertas, mamparos, y tapa del doble fondo. La ubicación de los elementos longitudinales viene impuesta por los requisitos del armador.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### ***3.3.1.- Cubiertas***

El buque dispondrá de una sola cubierta que hará las veces de cubierta de cierre, cubierta de francobordo, cubierta principal y cubierta de intemperie. Se dispondrá como elemento superior de la bodega, ya que el buque no dispone de entrepuentes.

### ***3.3.2.- Mamparos longitudinales***

No se definirán mamparos longitudinales en este buque. No obstante, al ser un buque adaptado al transporte de áridos a granel, se dispondrán dos mamparos longitudinales en los costados de la bodega para evitar que este tipo de carga se introduzca entre las cuadernas y bulárcamas y eliminar así el riesgo de golpeo con las cucharas de las grúas. No se considerarán estructuralmente y su escantillado será el mínimo compatible con su estabilidad, ya que no efectuarán función estructural alguna.

De esta manera se genera un espacio a modo de doble casco virtual cuyos mamparos se hacen solidarios con la estructura de las bulárcamas.

Estos mamparos no poseen la función de mamparos longitudinales propiamente dichos, su destino consiste en evitar que los espacios entre cuadernas se colmaten de áridos que resultarían costosos de descargar, facilitando así las labores de descarga.

La ubicación de estos mamparos hace que la estructura portante de los mismos este constituida por las bulárcamas a las que se hacen fijos, careciendo por tanto de stringers

### ***3.3.3.- Plan de bodega / Tapa del doble fondo***

El plan de bodega coincidirá con el techo del doble fondo, encontrándose a una altura sobre la línea base correspondiente a su cálculo

Se dotará al buque de un espacio de doble fondo que permitirá alojar los tanques de lastre y los tanques almacén de combustible.

Como consecuencia, la tapa del doble fondo se dispondrá como elemento de cierre del mismo y simultáneamente como cubierta de la bodega, para lo cual deberá reunir los requisitos necesarios para cumplir con las diferentes exigencias impuestas por su

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



particular ubicación. Se deberá dotar de la resistencia conveniente en función de los tipos de carga para los que el buque se ha diseñado, así como de la adecuada dureza superficial.

Al tratarse de un buque de carga distinto de buque tanque, la disposición del doble fondo se establecerá según la regla A 400 Pt3 Ch 2 Sec 5; extendiéndose desde el mamparo de colisión hasta el mamparo del rasel de popa siempre que esta disposición sea practicable y adecuada a las condiciones de trabajo del buque.

En el caso del buque proyecto el doble fondo alojará los tanques de lastre y los tanques almacén de combustible en la zona comprendida fuera de la cámara de máquinas.

En cámara de máquinas el doble fondo estará cerrado por el tecele de máquinas y su función será alojar el tanque de lodos y actuar como sentina de máquinas.

La altura del doble fondo se estimó en el proceso de optimización en 1.100 mm . Según el reglamento del DnV esta altura debe estar comprendida entre 760 mm y 2.000 mm, siendo una orientación la definición del mismo por la ecuación.

$$h = 1.000 \cdot B / 20 \text{ mm}$$

Para este proyecto cuya manga es de 9,30 m la altura del doble fondo al aplicar la regla supone 465 mm, lo cual es inferior al mínimo permitido por la regla.

Se adoptará una altura de 1.100 mm, la cual está dentro de los límites que establece la regla, se encuentra en consonancia con los datos que se tienen de buques similares y es el valor adoptado en la optimización del Buque Base.

Complementariamente, esta dimensión permite el acceso al doble fondo para su inspección, lo cual es absolutamente necesario.

### **3.3.4.- Forro**

El forro es el elemento de cierre del buque. Se conecta con la cubierta de cierre mediante una traca de cinta adecuadamente soldada a la traca de trancanil perteneciente a la cubierta principal.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



Se unirá al fondo plano mediante un pantoque curvo sin astilla muerta.

Estará dotado de la adecuada estructura longitudinal diseñada para conferirle la resistencia necesaria.

Su superficie seguirá la geometría definida en el plano de formas del buque.

### **3.3.5.- Fondo**

Aunque el fondo del buque se puede considerar integrante del forro, se analizará separadamente debido a su relevancia.

Se dispondrá un fondo plano sin astilla muerta, , conectado al forro mediante un pantoque curvo.

La quilla será plana uniéndose al fondo mediante las correspondientes tracas de apuradura a cada uno de sus lados.

## **4 ESPACIOS QUE CONSTITUYEN EL BUQUE**

Para una eficiente explotación del buque es necesario definir exhaustivamente los diferentes espacios necesarios para garantizar el cumplimiento de la misión para la que ha sido diseñado.

En el epígrafe 4 del cuaderno 1, en el proceso de predimensionamiento se estableció la eslora del buque en función de las necesidades del proyecto, de manera que se definió el conjunto básico de espacios idóneo para el buque. En este epígrafe se especifican en detalle y se completan para posteriormente adecuarlos a la disposición de la estructura.

Los espacios a considerar son:

### **Espacios de habilitación**

- Habilitación
- Puente de gobierno

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



### Espacios de máquinas

Se definirán los diferentes tipos de espacios de máquinas que hay en el buque.

Según la Regla 3/16 del Capítulo II-1 Parte A, los espacios de máquinas son todos aquellos espacios de máquinas de categoría A y todos los demás espacios que contienen maquinaria propulsora, calderas, unidades de combustible, máquinas de vapor y motores de combustión interna, generadores y maquinaria eléctrica principal, estaciones de llenado de combustible, maquinaria para la estabilización, ventilación y aire acondicionado, y espacios similares o troncos en estos espacios.

- Espacios de máquinas tipo A

Según la Regla 3/17 del Capítulo II-1 Parte A, los espacios de máquinas de categoría A son aquellos espacios o troncos de estos espacios que contienen:

- Motores de combustión interna utilizados en la propulsión principal
- Motores de combustión interna utilizados para otros propósitos diferentes de la propulsión principal cuya potencia total agregada no sea menor de 375 kW
- Cualquier caldera de combustible líquido o unidad de combustible

De acuerdo con la Regla 3/17 el único espacio de máquinas de tipo A a bordo es la cámara de máquinas

- Otros espacios de máquinas

De acuerdo con la Regla 3/16 se considerarán los restantes espacios de máquinas a bordo:

- Local del generador de emergencia
- Local del servomotor del timón

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



### Espacios de carga

El espacio destinado a la carga a bordo es la única bodega de carga del buque

- Bodega

### Espacios auxiliares: paños

- Pañol del SOPEP
- Pañol de cabullería
- Caja de cadenas
- Pañol de proa

### Tanques de lastre

- Rasel de popa
- Rasel de proa
- Tanques de lastre
- Se situaran en el doble fondo de la zona de carga. Debido al pequeño tamaño del buque y su configuración en casco simple no se dispondrán tanques laterales o tanques wing para lastre

### Tanques de máquinas

- Almacén de combustible  
Los tanques de combustible se situarán en el doble fondo de la zona de carga
- Servicio diario de combustible
- Reboses de combustible
- Aceites

### Tanques de MARPOL Anexo I (Aguas oleosas)

- Lodos
- Sentinas

### Tanques de MARPOL Anexo IV (Descargas)

- Aguas grises
- Aguas negras

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# Buque Costero de Carga General

## Disposición General



### Doble fondo

- Doble fondo en zona de carga
- Doble fondo en cámara de máquinas: Sentina de máquinas

### Cubiertas

Se dispondrá una única cubierta corrida que servirá como cubierta principal y cubierta de francobordo. Sobre ella se apoyará la brazola de la bodega que servirá de soporte para las escotillas de cierre

- Cubierta de intemperie

## 4.1.- Criterios de diseño

Para la concepción del buque se han aplicado un conjunto de criterios, los cuales se han seguido tanto para la selección de las formas y dimensiones como para la disposición general.

1. Minimización de la carga de trabajo en las operaciones de cubierta
2. Reducción al máximo del desplazamiento en rosca
3. Maximización del flujo de caja en la explotación
  - a. Sencillez en la concepción de la Cámara de Máquinas
  - b. Mínima tripulación compatible con la seguridad: Dotación Mínima de Seguridad

Para conseguir un diseño capaz de reunir todos los requisitos los criterios de propósito general utilizados previamente deben complementarse con las definiciones de las Reglas 3/5 y 3/6 del capítulo II-1 Parte A del SOLAS:

*“5 Normal operational and habitable condition is a condition under which the ship as a whole, the machinery, services, means and aids ensuring propulsion, ability to steer, safe navigation, fire and flooding safety, internal and external communications and signals, means of escape, and emergency boat winches, as well as the designed comfortable conditions of habitability are in working order and functioning normally”*

*“6 Emergency condition is a condition under which any services needed for normal operational and habitable conditions are not in working order due to failure of the main source of electrical power”*

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



### ***4.1.1.- Cubierta***

El diseño de la cubierta será compacto y sencillo, enfocado a un coste mínimo de mantenimiento y operación.

#### ***4.1.1.1.- Elementos de carga y descarga***

Debido a la reducida eslora del buque este dispondrá de una sola bodega.

Por tanto se diseñará con una sola escotilla cuyas tapas serán del tipo plegable, accionadas hidráulicamente. Esta solución permite que las tapas de escotilla se puedan operar por un solo tripulante.

Esta disposición abarata y simplifica la construcción y el mantenimiento.

Para la manipulación de la carga, principalmente áridos, se dispondrá de una retroexcavadora montada sobre raíles que permiten el desplazamiento de la misma en el sentido longitudinal. Para el manejo de los pallets y aquellas cargas que necesiten de otros medios se dispondrá de los accesorios adecuados para el brazo.

#### ***4.1.1.2.- Elementos de amarre y fondeo***

Para la maniobra de amarre y fondeo se dotará al buque de un molinete hidráulico en proa con barbotén y cabirón a babor y estribor

A popa, con el interés de ahorrar espacio, se instalará un cabrestante de accionamiento hidráulico

El conjunto de cornamusas, bitas y rolines será el adecuado para garantizar la seguridad en las operaciones de amarre y fondeo.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



El equipo de amarre y fondeo cumplirá con los requisitos de la sociedad de clasificación y se diseñará en función del numeral asignado

### *4.1.1.3.- Elementos de protección de la tripulación*

Se instalará una protección ante el riesgo de caída a la mar de la tripulación de acuerdo con el convenio internacional de francobordo.

### *4.1.2.- Espacios de carga*

El espacio de carga estará constituido por una sola bodega corrida. Toda la bodega quedará al descubierto al abrirse las escotillas permitiendo así un fácil acceso, lo que redundará en un menor tiempo de carga y descarga.

En aras de una mayor eficiencia en los procesos de carga y descarga y debido al relativamente reducido tamaño de la bodega de carga se dotará al buque de una única escotilla de carga.

### *4.1.3. Cámara de Máquinas*

El criterio de optimización de los espacios conduce a un diseño del tipo “todo a popa” ubicando la Cámara de Máquinas en el cuerpo de popa del buque.

Para ahorrar espacio la cámara de máquinas se ubicará justo debajo de la habitación. La cámara de máquinas será compacta, respetando la continuidad con el guardacalor, el cual de dispondrá verticalmente hasta la chimenea atravesando la habitación.

La cámara de máquinas, de una sola línea de ejes, se ubicará sobre el doble fondo, alcanzando una altura máxima compatible con la altura de mantenimiento fijada por el motor propulsor, pero manteniéndose por debajo de la cubierta principal.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 4.1.4.- Habilitación

La disposición de la habilitación viene impuesta por el número de tripulantes a alojar. Este criterio viene fijado por el Safe Mannig Certificate que la administración de la bandera debe aprobar para este buque en concreto.

La decisión propuesta se basa en los documentos IMO Resolution A.890(21) e IMO Resolution A.955(23) y se apoya en la aplicación de los tres principios fundamentales:

- Garantizar la explotación del buque en condiciones de seguridad
- Garantizar la protección del mismo  
Garantizar protección **del** medio marino

Considerando el tipo de navegación y las características del buque se puede proponer una tripulación mínima estimada de 6 tripulantes, según la tabla adjunta:

CATEGORÍA / CARGO	NÚMERO DE PERSONAS
Capitán	1
Primer Oficial de cubierta	1
Jefe de Máquinas	1
Primer Oficial de Máquinas	1
Marinero	1
Marinero-Cocinero	1

Tabla V1/C3-T4: Dotación mínima de seguridad  
Fuente: elaboración propia

Por tanto para alojar a la tripulación se estructurará la habilitación con los siguientes espacios:

- Espacio del capitán.  
Constituido por un camarote con ducha y la oficina de cubierta
- Espacio del Jefe de Máquinas  
Constituido por un camarote con ducha y la oficina de máquinas
- Un camarote con ducha para el Primer Oficial
- Un camarote con ducha para el primer Maquinista
- Un camarote con ducha para cada marinero

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



- Cocina con gambuza
- Comedor de tripulación
- Comedor de oficiales
- Lavandería

La navegación de cabotaje a la que se destina el buque y el número de tripulantes necesario para operarlo hacen que las zonas comunes se simplifiquen al máximo; por lo que la habilitación se ordenará en tres cubiertas: cubierta de navegación, cubierta de oficiales y cubierta de tripulación

En la cubierta de navegación se ubicarán el puente de navegación y la derrota.

En la cubierta de oficiales, situada en la cubierta principal, se instalarán el alojamiento del capitán, compuesto por una oficina, un camarote y un baño con ducha. Y el correspondiente al Jefe de Máquinas, también compuesto por una oficina, una cabina y

un baño con ducha. En esta cubierta se dispondrá de una pequeña cámara de oficiales para el capitán y el jefe de máquinas.

Bajo la cubierta principal y justamente sobre la cámara de máquinas se situará la cubierta de camarotes de tripulación. Se dispondrán cuatro camarotes individuales con aseo y ducha, la cocina y el salón de tripulación con capacidad para cuatro personas y la lavandería.

La gambuza para este buque es pequeña debido al número reducido de tripulantes, por lo que formará parte integral de la cocina.

### **4.1.5.- Puente de gobierno**

El puente de gobierno se ubica en la cubierta mas elevada de la superestructura que constituye la habilitación.

Dispondrá de la zona de navegación y mando del buque ubicándose la oficina de derrota en la zona de popa del puente de navegación.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### ***4.1.6.- Pañol del servomotor del timón***

A popa de la cámara de máquinas se dispondrá el local del servomotor. El espacio destinado al servomotor del timón debe estar separado de la cámara de máquinas, según SOLAS Ch. II-1/29.13.1. y la regla del DnV A 1100 Pt3 Ch 2 Sec 3, por lo que se ubicará en la cubierta de tripulación, sobre el rasel de popa.

### ***4.1.7.- Otros espacios***

Para completar la disposición general del buque hay que tomar en consideración ciertos espacios auxiliares imprescindibles para su eficiente explotación

#### ***4.1.7.1.- Local del generador de emergencia***

El generador de emergencia del buque se instalará en un pañol diseñado a tal efecto en la zona de proa.

Este espacio estará por encima del rasel de proa según indica SOLAS Ch II.

A la función primaria de generador de emergencia, se le asignará la función secundaria de actuar como generador de puerto. Esta función proporcionará unos niveles de ruido en la cámara de máquinas y en la habitación nulos, incrementando el confort de la tripulación.

#### ***4.1.7.2.- Pañol de cabullería***

Sobre el rasel de proa y a proa de la caja de cadenas se habilitará un espacio para la estiba de la cabullería de maniobra de proa.

La labor para la maniobra de popa se estibarán convenientemente en el local el servomotor

#### ***4.1.7.3.- Pañol del material de estiba***

Para aprovechar el espacio, el volumen en el que se instalará el generador de emergencia se distribuirá en dos niveles.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



El nivel alto se destinará al generador de emergencia y en el nivel inferior se dispondrá un gran pañol destinado a la ubicación de material de estiba, en el que además se alojará el cabo de remolque.

Se dispondrán estanterías para la estiba de respetos tanto de máquinas como de cubierta.

### *4.1.7.4.- Pañol del SOPEP*

Se definirá un espacio accesible directamente desde la cubierta principal para el alojamiento del material reglamentario exigido en el SOPEP, de manera que permita una rápida actuación en caso de vertido.

## *4.1.8.- Tanques*

Para el adecuado funcionamiento del buque es imprescindible la instalación a bordo del conjunto de tanques más conveniente para su explotación.

A continuación se enumeran, justificándose sus capacidades en el cuaderno correspondiente al cálculo de la estabilidad del buque.

### *4.1.8.1.- Tanques de lastre*

- Rasel de proa
- Rasel de popa
- Tanques profundos o del doble fondo

### *4.1.8.2.- Tanques de combustible*

- Servicio diario
- Tanques almacén

### *4.1.8.3.- Tanques de servicios de máquinas*

- Almacén de aceite
- Lodos
- Marpol Anexo I

### *4.1.8.4.- Tanques de servicios para servicios de la habilitación*

- Marpol Anexo VI

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Los tanques tanque rase de proa o peak de proa y de popa se ubicarán siguiendo las recomendaciones de SOLAS

Los tanques de lastre y de almacén de combustible se dispondrán en el espacio de doble fondo bajo el plan de bodega

Los tanques del doble fondo serán integrales del buque. El resto de los tanques se encontrarán en la sala de máquinas, a excepción de los tanques destinados a servicios MARPOL para los que se ha dispondrá una ubicación separada en un espacio especialmente habilitado para ello.

## **5 ADECUACIÓN DE LOS ESPACIOS A LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DEL BUQUE**

Para establecer la configuración de la disposición general del buque, es necesario integrar estos espacios ya considerados en la estructura para generar la disposición general definitiva del buque proyecto. Para facilitar esta integración se definirá la localización de los mamparos estancos obligatorios del buque.

En todos los casos se harán coincidir los mamparos transversales con una bulárcama para hacer más suave la transmisión de esfuerzos a la estructura.

Definidos los espacios entre las cuadernas que les correspondan, de manera que los volúmenes de cada uno de ellos se mantenga dentro de las necesidades del proyecto y localizados los mamparos y bulárcamas se puede dar por concluida la disposición general de la estructura, la cual se completará con los detalles propios de cada espacio para obtener la disposición general del buque.

### **5.1.- Localización de los espacios**

Recordando el epígrafe 4.1.3.1 del cuaderno 1 en el que se abordaba el dimensionamiento del buque por cálculo directo, se obtuvieron las esloras estimadas de los diferentes espacios del buque que proporcionan el valor la eslora entre perpendiculares.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



$$L_{pp} = L_{BOD} + L_{CM} + L_{\text{Pique Proa}} + L_{\text{Pique Popa}} + L_{\text{Pañol GE}}$$

$$L_{pp} = 31,2 + 7,70 + 4,26 + 3,00 + 3,50 = 49,66 \text{ metros}$$

Estos valores se ajustarán para completar la disposición del buque tomando como base la eslora total.

Se tomará como origen de coordenadas la perpendicular de popa, en la que se situará la sección 0, empezando el dimensionamiento por el espacio correspondiente al servomotor del timón, ya que la perpendicular de popa coincide con la mecha del timón.

La eslora del local del servo para un buque de estas dimensiones, según la base de datos de predimensionamiento, está en torno a los 2,5 m. Suponiendo un sistema hidráulico compacto de configuración toroidal se puede considerar que el eje se encuentra en el centro y por tanto se tomarán 1,25 m a popa y 1,25 m a proa. Esta configuración supone  $1,25/0,58 = 2,15$  secciones a proa y otras tantas a proa de la mecha.

En primera aproximación se considerará una localización del local del servomotor del timón entre las cuadernas -3 y +2

El espacio siguiente al local del servomotor es el rasel de popa, el cual es atravesado por el eje de cola.

Para el cálculo del peso de la maquinaria se consideró en el cuaderno 1 una longitud del eje de cola de 1,5 metros. Considerando este dato, y teniendo en cuenta una estimación de la eslora de la dimensión longitudinal de la hélice en la bovedilla en torno a un metro, el mamparo de proa de este tanque se encontrará ubicado en la sección 6.

La eslora de la cámara de máquinas se estimó en 7,53 metros lo que supone  $7,70/0,58 = 13,27$  secciones; redondeando son 13 secciones. La cámara de máquinas se extenderá pues entre las secciones 6 y 19.

La habitación se ubicará sobre la cámara de máquinas estando localizada entre las secciones - 4 y 19 según las diferentes cubiertas

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



La bodega presenta una eslora de 31,2 m. Esta dimensión debe ampliarse para tomar en consideración la manipulación de la carga en el proceso de estiba. Se tomará un 5%, lo cual supone una eslora  $L_{bod} = 31,2 * 1,05 = 32,76$  m. El número de secciones ocupado por la bodega será  $n^{\circ} \text{ Sec bod} = 32,76/0,58 = 56,48$ . Se tomarán 57 secciones como valor de redondeo. Por tanto la bodega se encontrará localizada entre las cuadernas 19 y 76.

Para mantener el valor de la eslora entre perpendiculares en 50 m, una vez que la bodega ha pasado a medir 32,76 m se restará la diferencia de 1,56 m de los espacios restantes a proa de la bodega.

De las 91 secciones que se han fijado a partir de la perpendicular de popa hacia proa quedan por definir  $91-76 = 15$  secciones, estas se repartirán por igual para establecer la localización del espacio del generador de emergencia, caja de cadenas y pañol de cabullería de proa.

Por tanto asignando 5 secciones al local del generador de emergencia resulta una eslora de  $5*0,58 = 2,9$  m algo inferior a la estimación inicial de 3,5 m pero suficiente para el servicio a que se destina. Por tanto el local del generador de emergencia se localizará entre las cuadernas 76 y 81

La caja de cadenas y el resto de los espacios de proa se localizarán en función de la ubicación del mamparo de colisión.

Según el epígrafe 3.2.2 de este cuaderno, el mamparo de colisión se situará a una distancia de la proa comprendida entre 2,5 y 5,5 m en la flotación de verano. Se fijará en primera aproximación en la sección 8, a partir de la cual se configurará el rasel de proa. Esta localización del mamparo de colisión se verificará posteriormente en el cálculo de la estabilidad al definir los tanques en función del volumen necesario para lastre en el rasel de proa.

El rasel de proa se extenderá a partir de la sección 81 hasta la roda, quedando limitado únicamente por la proa del buque. La caja de cadenas se ubicará en el interior del rasel de proa y ocupará dos secciones.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# **Buque Costero de Carga General**

## **Disposición General**



El espacio comprendido entre el techo del tanque y la cubierta principal será el espacio destinado al pañol de cabullería y su extensión será desde el mamparo de proa de la caja de cadenas hasta la proa del buque.

ESPACIO	LOCALIZACIÓN: “entre cuadernas”
Local del servomotor	-3 ; 2
Tanque de agua dulce	-3 ; 2
Rasel de popa	2 ; 6
Cámara de Máquinas	6 ; 19
Habilitación	-4 ; 19
Bodega	19 ; 76
Local del generador de emergencia	76 ; 81
Rasel de proa	81 ; 85
Doble fondo	6 ; 81

Tabla V1/C3-T5: Localización entre cuadernas de los espacios a bordo  
Fuente: elaboración propia

Para completar la disposición del buque se fraccionará el rasel de popa en dos tanques, uno pequeño de agua dulce y otro, complementario a este como rasel de popa propiamente dicho. Por tanto el tanque de agua dulce se extenderá desde la popa hasta la cuaderna 2 y el

rasel de popa de la 2 hasta la 6. Esta primera estimación se completará con la validación de los volúmenes de los tanques del buque en el cálculo de la estabilidad.

El doble fondo será corrido y estará comprendido entre los raseles de proa y popa, es decir entre las secciones 6 y 81. Alojará los tanques de lastre del doble fondo, los tanques almacén de combustible y el doble fondo en cámara de máquinas.

## **5.2.- Ubicación de los mamparos estancos transversales**

A partir de la subdivisión definida para buque y las dimensiones de los espacios que los componen se ubicaran los mamparos estancos transversales en función de la eslora de cada espacio.

Los mamparos se localizarán en las secciones del buque que se definen en la tabla siguiente.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



MAMPARO ESTANCO	SECCIÓN
Mamparo de proa del rasel de popa	6
Mamparo de popa de la Cámara de Máquinas	6
Mamparo de proa de la Cámara de Máquinas	19
Mamparo de popa de la bodega	19
Mamparo de proa de la bodega	73
Mamparo de colisión	81

Tabla V1/C3-T6: Ubicación de mamparos estancos  
Fuente: elaboración propia

Se completará la relación de mamparos estancos transversales considerando las varengas estancas que separan los tanques del doble fondo y cuya ubicación se definirá posteriormente una vez conocidos los volúmenes definitivos de los tanques correspondientes en las fases posteriores del proyecto.

### **5.3.- Ubicación de las bulárcamas**

En el epígrafe 5.1.2. de este cuaderno se establecieron los criterios para la localización de las bulárcamas en la estructura del buque. Para su ubicación se tomará como base la localización de los mamparos estancos transversales del buque.

La ubicación definitiva de bulárcamas en la disposición general del buque se fijará en función de la subdivisión del buque, de manera que se armonice la localización de las bulárcamas con la ubicación de los mamparos transversales.

Se dispondrá la estructura de manera que permita tener un número entero de bulárcamas en la eslora de la bodega y que las secciones de proa y popa de la brazola que soporta las tapas de escotilla de la bodega se apoyen sobre bulárcamas.

El espaciado es de tres cuadernas, lo que implica cuatro claras de cuaderna, que se mantendrá constante a lo largo del cuerpo cilíndrico. En los cuerpos de proa y popa se incrementará la resistencia espaciando las bulárcamas 2 secciones, es decir 3 claras de cuaderna. En los extremos de proa y popa del buque se reducirá aún mas el espaciado a fin de incrementar la resistencia.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



En la zona de cámara de máquinas, se cuadrará la eslora de cámara de máquinas con un número entero de bulárcamas garantizando de esta forma una adecuada resistencia estructural, por lo que todas las secciones serán de bulárcama

En el rasel de popa y en el rasel de proa se adoptará una separación entre bulárcamas que refuercen la estructura convenientemente. En esta ubicación todas las secciones serán de bulárcama

Las dimensiones de la escotilla se ajustarán de manera que los extremos de proa y popa de la brazola que la soporta coincidan con una sección de bulárcama.

Por tanto el espaciado entre las secciones de bulárcama en las diferentes zonas del buque será:

Espaciado de bulárcama en el cuerpo cilíndrico =  $580 \text{ mm} \cdot 4 = 2.320 \text{ mm}$

$$L_c \text{ cil} = 21,992 \text{ m}$$

$$\text{Secciones en c cil} = 21,992 \text{ m} / 0,58 \text{ m/secc} = 37,91 \approx 38 \text{ secciones}$$

$$\text{Espaciado de bulárcama en el cuerpo de proa} = 580 \text{ mm} \cdot 3 = 1.740 \text{ mm}$$

$$\text{Secciones en cuerpo de proa} = 16,494 \text{ m} / 0,58 \text{ m/secc} = 28,43 \approx 29 \text{ secc}$$

$$\text{Espaciado de bulárcama en el cuerpo de popa} = 580 \text{ mm} \cdot 3 = 1.740 \text{ mm}$$

$$\text{Secciones en cuerpo de popa} = 16,494 \text{ m} / 0,58 \text{ m/secc} = 28,43 \approx 29 \text{ secc}$$

El número total de secciones es 95, al fijar los cuerpos de proa y popa en 29 secciones, por ajuste restan  $95 - 58 = 37$  secciones

Por tanto para cuadrar la estructura se considerará un cuerpo cilíndrico de 37 secciones.

La sección media  $\overline{x}$  será:

$$\overline{x} = 95/2 = 47,5 \approx \text{sección } 47$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Disposición General



Considerando el cuerpo cilíndrico centrado en la sección 47 y tomando a partir de esta 18 secciones hacia popa y 19 hacia proa, y fijado el espaciado entre bulárcama, las secciones de bulárcama a considerar son:

### Bulárcamas en tanque de agua dulce de popa:

Secciones -3; -2; -1; 0; 1; 2

### Bulárcamas en rasel de popa:

Secciones 2; 3; 4; 5; 6

En la sección 6 mamparo transversal estanco a proa del rasel de popa que coincide con el mamparo transversal estanco de popa de la cámara de máquinas

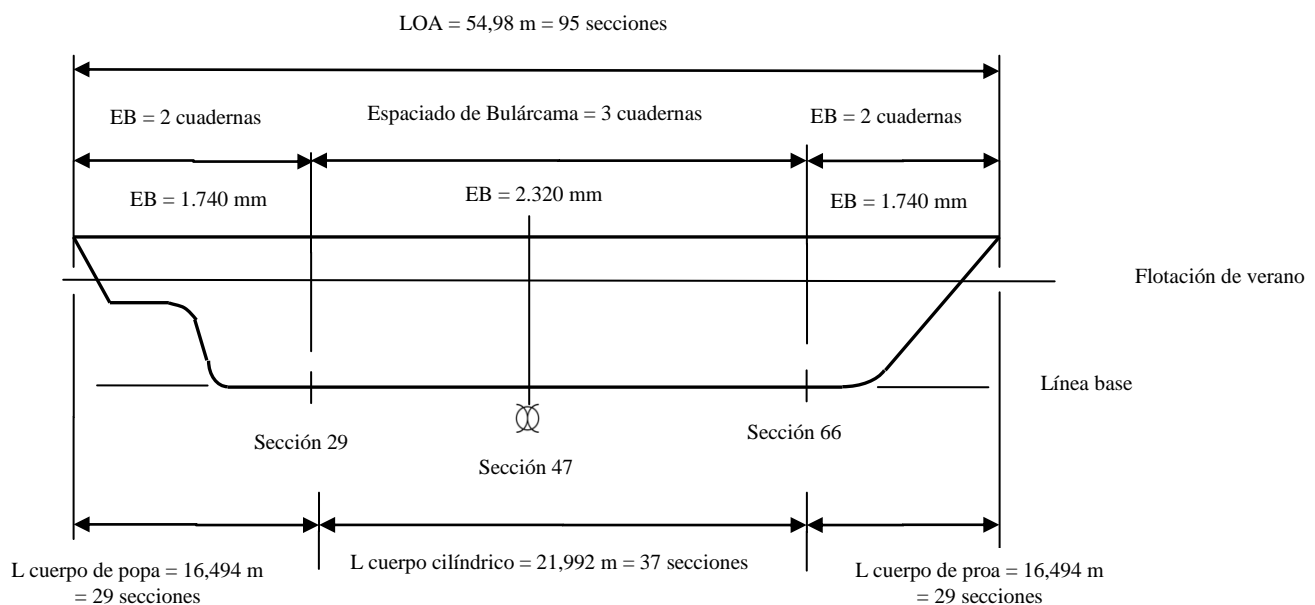


Figura V1/C3-F2: Cálculo del número de secciones que componen en buque  
Fuente: elaboración propia

### Bulárcamas en cámara de máquinas

Secciones 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19. La sección 19 coincide con el mamparo transversal estanco de proa de la cámara de máquinas

### Bulárcamas en bodega:

Secciones en cuerpo cilíndrico 23; 27; 31; 35; 39; 43; 47; 51; 55; 59; 63;  
Secciones en cuerpo de proa 66; 69; 72; 75;

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



### Bulárcamas en espacios del cuerpo de proa

Secciones 78; 81. La sección 81 coincide con el mamparo de colisión

### Bulárcamas en el rasel de proa

Secciones 82; 83; 84; 85; 86

### Bulárcamas en la proa

Secciones 87; 88; 89; 90.

La sección 91 es el cierre de la proa

## **5.4.- Ubicación de los mamparos estancos longitudinales**

Los mamparos estancos longitudinales propiamente dichos no existen en este buque.

Se podrán considerar como tales las vagras estancas del doble fondo destinadas a la separación de los tanques correspondientes, cuya ubicación se definirá posteriormente una vez conocidos los volúmenes de los tanques correspondientes en las fases posteriores del proyecto.

## **5.5.- Espacios de carácter especial. Espacios confinados**

Según el Procedural Requirmemnt de IACS PR70, se definirán como tales todos los tanques del buque con independencia del fluido que contienen y especialmente todo el doble fondo.

El resto de los espacios del buque disponen de la ventilación, iluminación y medios de acceso convenientes para no ser considerados espacios confinados.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



## REFERENCIAS DEL TEXTO

- [1] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, las formas, diapositiva 245.* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [2] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto las formas, , diapositiva 294.* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [3] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* epígrafe 2.5.2. página 329
- [4] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* epígrafe 1.3.1.5. página 86

## BIBLIOGRAFIA

Alvariño, R.; Aspiroz, J. Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* Madrid, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Linblad, A. (1961): *On the design of lines for merchant ships.* Chalmers University Transactions N° 240

*Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, dimensionamiento,* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## PAGS WEB CONSULTADAS

[W1] <http://www.veristar.com/wps/portal/equasis?IMO=7424645> 12-marzo-2014

Veristar:

página web de la sociedad de clasificación Bureau Veritas.

Un ejemplo de hoja de datos típica de las utilizadas en la construcción de la base de datos de un buque se encuentra en la dirección citada

[W2] <http://www.equasis.org/>, 15-marzo-2014

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



### **ANEXO I:**

#### **PLANO PFC 3: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL**

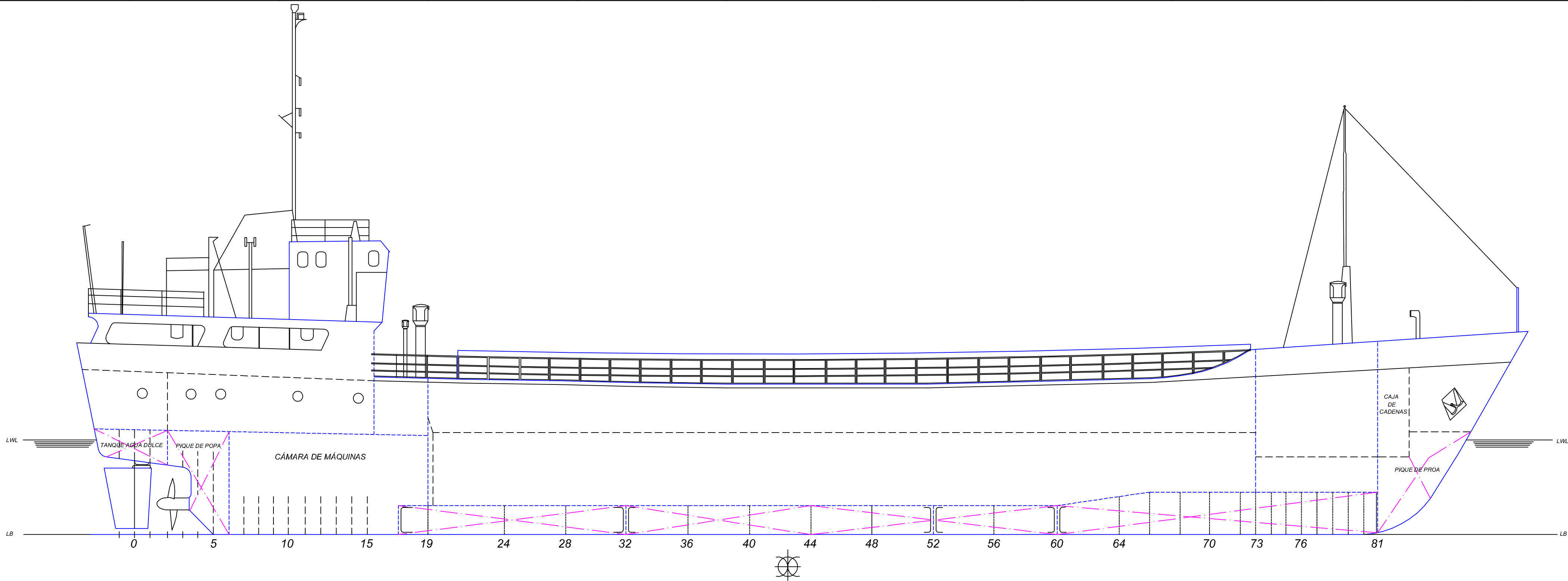
**El plano incluye la disposición general de la habilitación**

*TUTOR:*

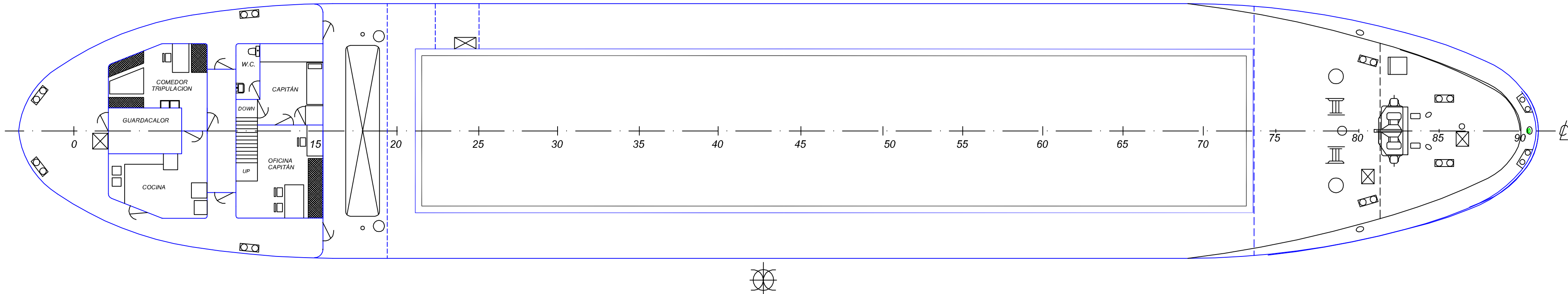
*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

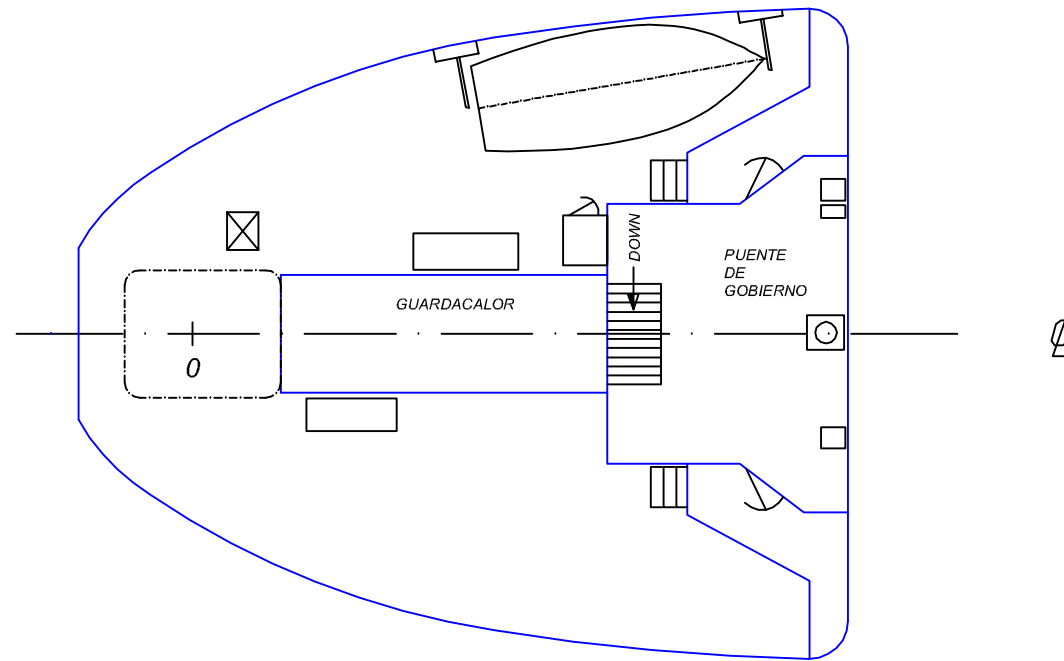


CUBIERTA PRINCIPAL

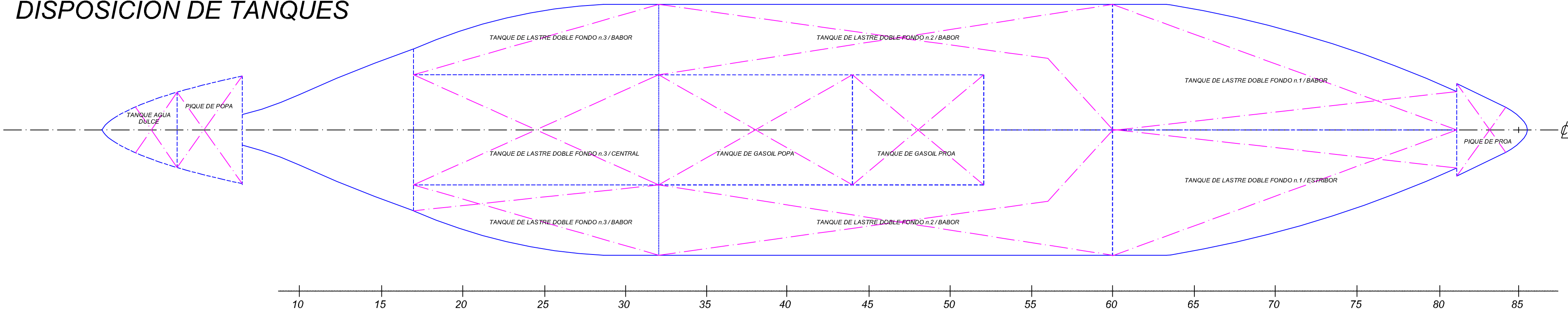


DIMENSIONES PRINCIPALES	
Eslora Total	54,98 m
Eslora entre Perpendiculares	50,00 m
Manga de trazado	9,30 m
Puntal de trazado	3,54 m

CUBIERTA DE BOTES



DISPOSICION DE TANQUES



PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE DE CARGA GENERAL

DIBUJADO POR: <b>F.Arrazola</b>	FECHA 08/06/2014	TÍTULO DEL PLANO <b>DISPOSICIÓN GENERAL</b>	
COMPROBADO POR: <b>F.Arrazola</b>	FECHA 18/06/2014	SIZE <b>A1</b>	Nº DE PLANO <b>PFC 3</b>
DISEÑADO POR: <b>F.Arrazola</b>	FECHA 01/06/2014	ESCALA 1:100	PESO (kg)
		HOJA	1 / 1

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Disposición General***



### **ANEXO II:**

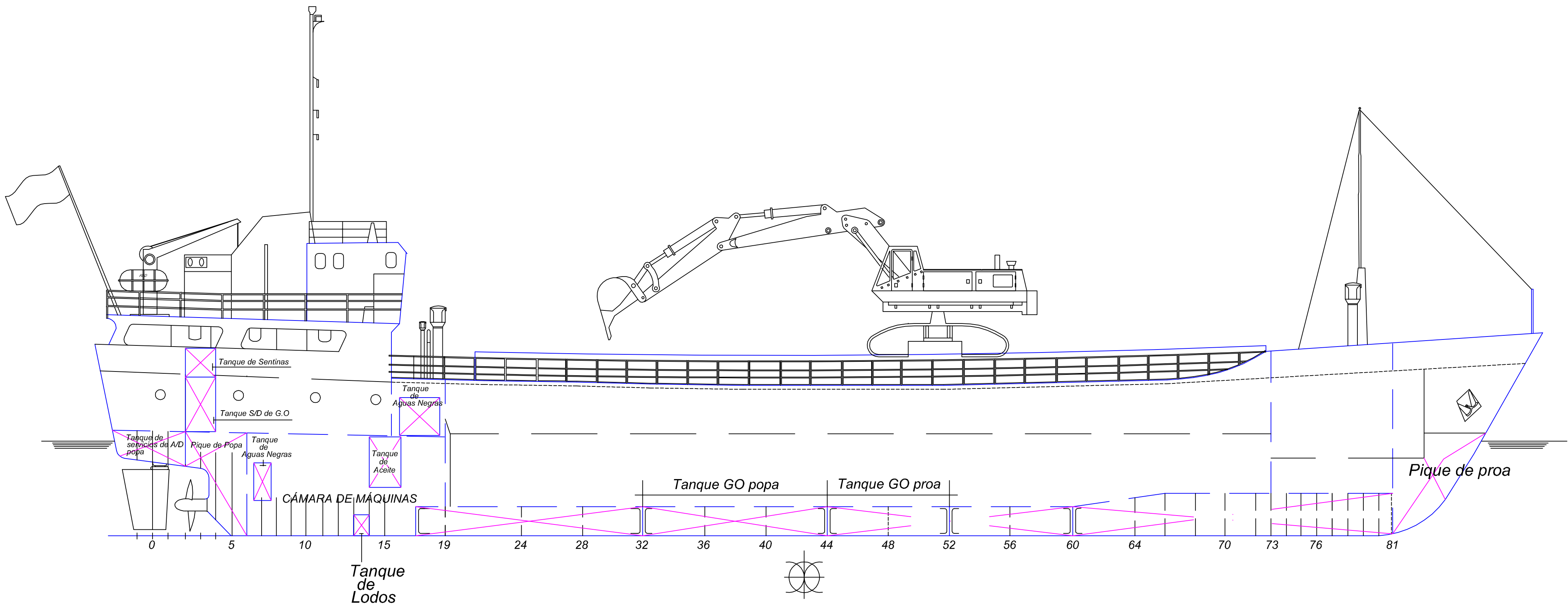
### **PLANO PFC 4: PLANO DE DISPOSICIÓN GENERAL DE TANQUES**

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

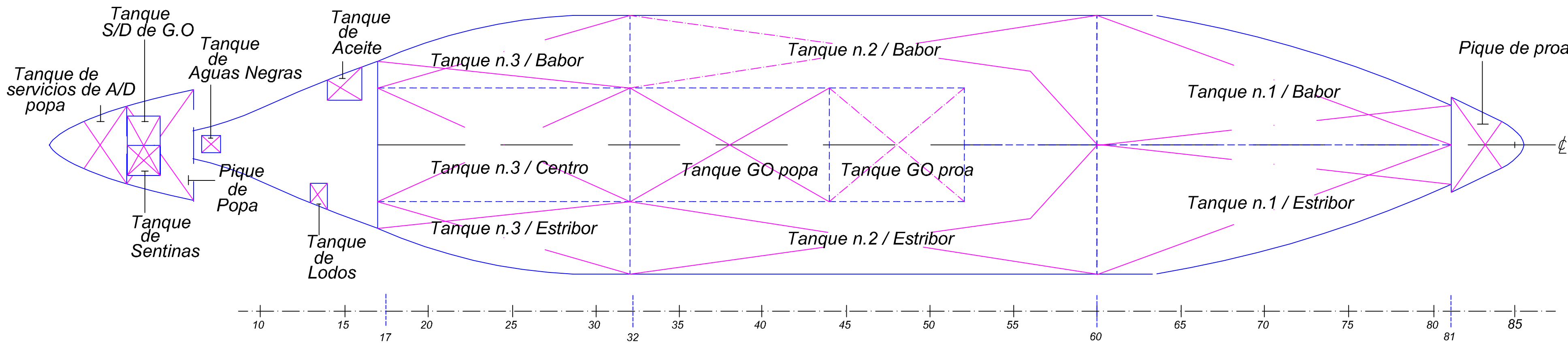
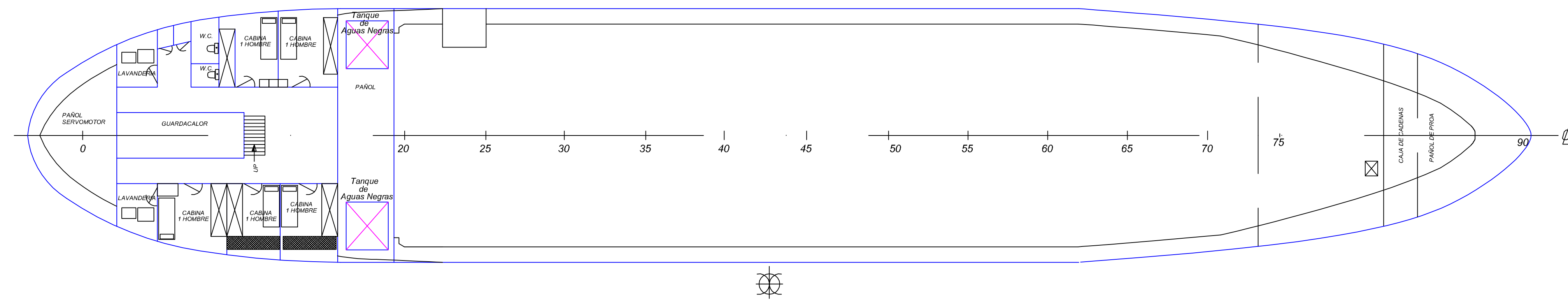


CAPACIDADES DE TANQUES	
DENOMINACIÓN	Volumen en m <sup>3</sup>
Tanque de Aceite	1,00
Tanque de Sentinas	0,60
Tanque de Lodos	0,50
Tanque de Aguas Negras	0,46

CAPACIDADES DE TANQUES AGUA DULCE	
DENOMINACIÓN	Volumen en m <sup>3</sup>
Pique de popa	15,853
Tanque de servicios de A/D popa	6,825

CAPACIDADES DE TANQUES COMBUSTIBLE	
DENOMINACIÓN	Volumen en m <sup>3</sup>
Tanque GO proa	18,687
Tanque GO popa	28,025
Tanque S/D de G.O.	2,000

CAPACIDADES DE TANQUES AGUA SALADA DE LASTRE	
DENOMINACIÓN	Volumen en m <sup>3</sup>
Pique de proa	16,278
Tanque n.1 / Estribor	56,716
Tanque n.1 / Babor	56,716
Tanque n.2 / Estribor	54,862
Tanque n.2 / Babor	54,862
Tanque n.3 / Estribor	19,219
Tanque n.3 / Babor	19,219
Tanque n.3 / Centro	35,032



PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE DE CARGA GENERAL

DIBUJADO POR: F. Arrazola	FECHA 03/09/2014	TÍTULO DEL PLANO DISPOSICIÓN GENERAL DE TANQUES		
COMPROBADO POR: F. Arrazola	FECHA 03/09/2014	SIZE A3	Nº DE PLANO PFC 4	REV 1
DISEÑADO POR: F. Arrazola	FECHA 03/09/2014	ESCALA 1:100	PESO (kg)	HOJA 1 / 1



Capítulo

1.4

# CAPÍTULO 1.4

## Cálculos de Arquitectura Naval

*Conocidas las formas del “Buque Proyecto”  
Se fijan sus características fundamentales  
dando lugar a las tablas de capacidades de tanques y a las  
curvas hidrostáticas*



## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente cuadernillo incluyen las tablas de características hidrostáticas, se presenta la calibración y posición del centro de gravedad de todos los tanques del buque, incluida la calibración de la bodega para la condición de plena carga homogénea y las curvas KN.

Se completará el presente cuaderno con el cálculo del francobordo y el arqueo.

Para la realización de los cálculos correspondientes a las curvas hidrostáticas, curvas KN y calibración de los tanques se ha utilizado el software de arquitectura naval HydromaxPro, el cual complementa a Maxsurf, con el que se han generado previamente las formas del buque presentadas en el cuaderno 2





# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

### 2 TABLA DE CARACTERÍSTICAS HIDROSTÁTICAS

Las curvas hidrostáticas se han obtenido a partir del diseño original presentado en el cuaderno N° 2

#### 2.1.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento - 0,5 m

Draft Amidships m	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250
Displacement t	1347	1244	1144	1045	949,7	856,2	764,5	674,4	585,8	498,6	412,6	327,7	243,9	161,1	80,02
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	4,000	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500
Draft at AP m	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250	0,000
Draft at LCF m	3,740	3,491	3,243	2,997	2,751	2,503	2,255	2,007	1,758	1,508	1,259	1,008	0,758	0,507	0,255
Trim (+ve by stern) m	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500
Wetted Area m <sup>2</sup>	687,686	659,997	631,662	600,277	570,750	544,863	518,227	492,167	466,696	441,736	417,239	392,971	368,545	344,353	318,870
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	402,675	396,608	389,259	378,218	368,526	361,280	354,514	348,386	342,838	337,885	333,459	329,231	324,985	320,219	311,582
Prismatic coeff. (Cp)	0,742	0,733	0,725	0,717	0,709	0,702	0,694	0,687	0,679	0,670	0,660	0,647	0,628	0,594	0,512
Block coeff. (Cb)	0,714	0,705	0,695	0,685	0,675	0,665	0,654	0,641	0,628	0,612	0,593	0,568	0,534	0,479	0,373
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,992	0,992	0,994	0,994	0,993	0,993	0,989	0,988	0,987	0,985	0,983	0,977	0,968	0,955	0,935
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,864	0,852	0,836	0,813	0,793	0,777	0,762	0,747	0,734	0,723	0,712	0,702	0,693	0,684	0,670
LCB from zero pt. (+ve fwd)	25,459	25,579	25,705	25,822	25,912	25,991	26,064	26,131	26,197	26,270	26,361	26,499	26,744	27,274	28,985
VCB m	1,961	1,824	1,689	1,554	1,421	1,289	1,158	1,028	0,899	0,771	0,643	0,516	0,389	0,264	0,146
LCF from zero pt. (+ve fwd)	23,945	24,066	24,266	24,717	25,077	25,289	25,478	25,634	25,745	25,809	25,834	25,815	25,754	25,652	25,527
KB m	1,961	1,824	1,689	1,554	1,421	1,289	1,158	1,028	0,899	0,771	0,643	0,516	0,389	0,264	0,146
BMT m	1,862	1,972	2,094	2,230	2,392	2,591	2,840	3,155	3,565	4,116	4,889	6,047	7,966	11,751	22,347
BML m	52,151	54,251	56,104	56,247	57,243	60,032	63,713	68,746	75,631	85,341	99,562	121,302	157,895	231,129	442,424
GMT m	0,318	0,290	0,275	0,275	0,304	0,370	0,487	0,672	0,952	1,374	2,018	3,048	4,838	8,493	18,953
GML m	50,607	52,569	54,285	54,292	55,154	57,811	61,361	66,263	73,018	82,599	96,691	118,303	154,766	227,871	439,030
KMT m	3,823	3,796	3,782	3,784	3,813	3,880	3,998	4,183	4,464	4,886	5,532	6,563	8,356	12,016	22,493
KML m	54,112	56,075	57,792	57,800	58,663	61,321	64,871	69,774	76,530	86,112	100,204	121,818	158,284	231,394	442,570
Immersion (TPC) tonne/cm	4,127	4,065	3,990	3,877	3,777	3,703	3,634	3,571	3,514	3,463	3,418	3,375	3,331	3,282	3,194
MTc tonne.m	13,642	13,093	12,426	11,358	10,483	9,906	9,388	8,944	8,561	8,243	7,984	7,759	7,553	7,349	7,031

Tabla VI/C4-T1: Tabla de hidrostáticas para asiento -0,5 m  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

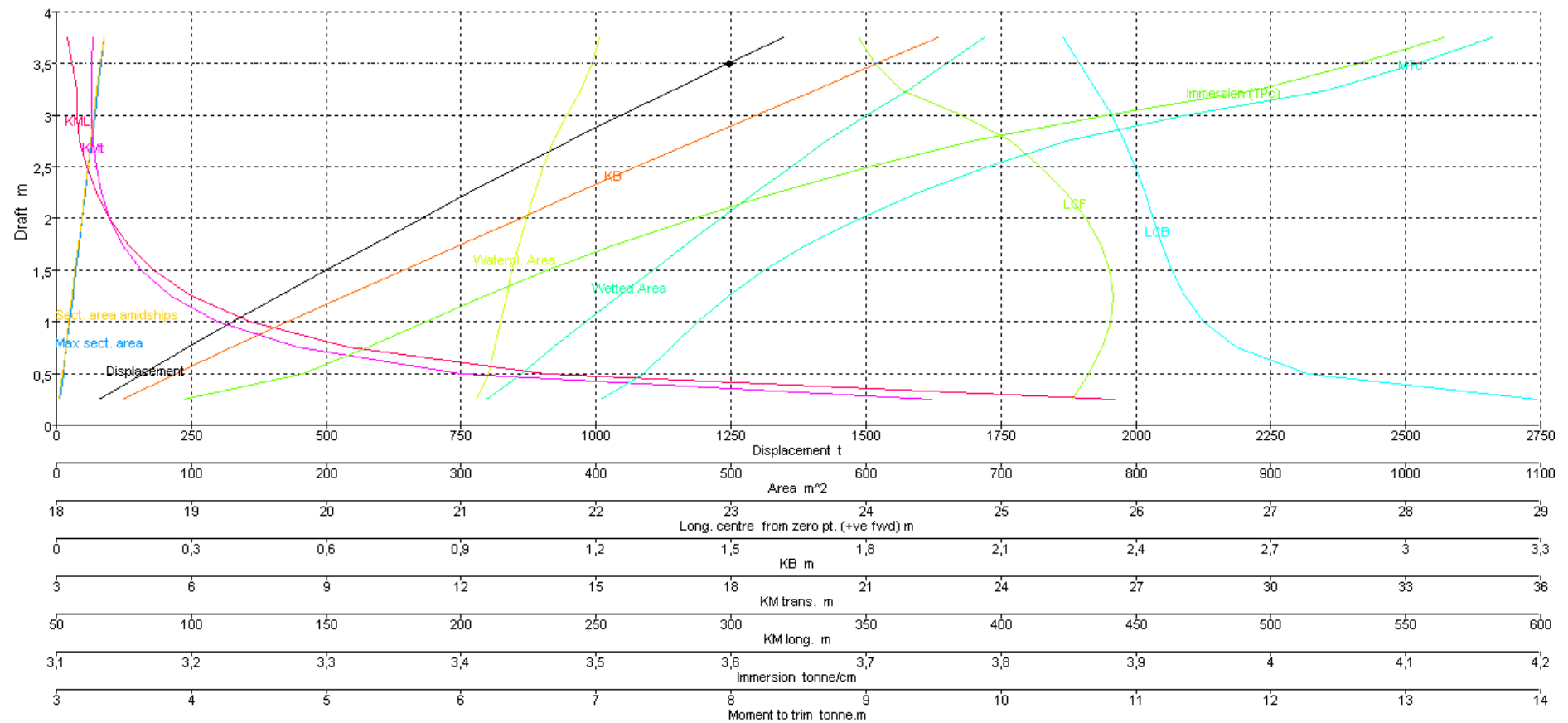
D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval



Draft = 3,504 m      Displacement = 1246,209 t

HIDROSTATICAS PARA ASIEN TO -0,5 m

Figura V1/C4-F1: Curvas hidrostáticas para asiento -0,5 m  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

### 2.2.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento 0 m

Draft Amidships m	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250
Displacement t	1352	1249	1147	1047	950,1	855,6	763,1	672,5	583,5	496,1	410,0	325,1	241,5	159,3	78,80
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250
Draft at AP m	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250
Draft at LCF m	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250
Trim (+ve by stern) m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Wetted Area m <sup>2</sup>	689,172	661,854	634,347	606,091	574,171	545,194	519,506	493,068	467,204	441,985	417,197	392,751	368,512	343,630	317,614
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	404,294	398,856	392,843	385,396	373,592	364,294	357,122	350,316	344,094	338,531	333,420	328,594	323,764	318,059	308,478
Prismatic coeff. (Cp)	0,753	0,746	0,737	0,729	0,721	0,714	0,707	0,700	0,694	0,688	0,681	0,675	0,667	0,657	0,637
Block coeff. (Cb)	0,747	0,739	0,731	0,723	0,715	0,707	0,699	0,691	0,682	0,673	0,663	0,652	0,637	0,616	0,575
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,999	0,998	0,998	0,998	0,998	0,997	0,996	0,994	0,992	0,989	0,985	0,980	0,972	0,958	0,933
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,868	0,857	0,844	0,829	0,804	0,783	0,767	0,752	0,737	0,724	0,712	0,701	0,690	0,679	0,666
LCB from zero pt. (+ve fwd)	24,930	25,028	25,132	25,237	25,328	25,384	25,419	25,437	25,436	25,412	25,363	25,286	25,167	24,979	24,606
VCB m	1,964	1,827	1,691	1,554	1,418	1,285	1,153	1,022	0,892	0,763	0,634	0,506	0,378	0,250	0,122
LCF from zero pt. (+ve fwd)	23,703	23,794	23,934	24,145	24,634	24,976	25,190	25,374	25,516	25,614	25,658	25,650	25,592	25,455	25,190
KB m	1,964	1,827	1,691	1,554	1,418	1,285	1,153	1,022	0,892	0,763	0,634	0,506	0,378	0,250	0,122
BMT m	1,870	1,984	2,111	2,255	2,419	2,619	2,868	3,183	3,594	4,146	4,922	6,086	8,018	11,831	22,531
BML m	52,434	54,799	57,366	59,651	59,734	61,482	65,170	70,013	76,693	86,221	100,102	121,469	157,540	228,795	434,502
GMt m	0,335	0,312	0,302	0,309	0,338	0,404	0,521	0,705	0,986	1,409	2,056	3,091	4,895	8,581	19,153
GML m	50,898	53,126	55,557	57,705	57,652	59,267	62,823	67,535	74,085	83,484	97,236	118,475	154,418	225,545	431,124
KMt m	3,835	3,812	3,802	3,809	3,838	3,904	4,021	4,205	4,486	4,909	5,556	6,591	8,395	12,081	22,653
KML m	54,398	56,626	59,057	61,205	61,152	62,767	66,323	71,035	77,585	86,984	100,736	121,975	157,918	229,045	434,624
Immersion (TPc) tonne/cm	4,144	4,088	4,027	3,950	3,829	3,734	3,661	3,591	3,527	3,470	3,418	3,368	3,319	3,260	3,162
MTc tonne.m	13,769	13,278	12,757	12,098	10,963	10,149	9,596	9,090	8,652	8,289	7,978	7,710	7,465	7,189	6,799

Tabla V1/C4-T2: Tabla de hidrostáticas para asiento 0 m

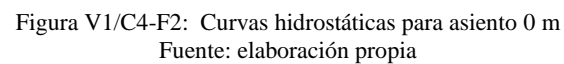
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

### 2.3.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento 0,5 m

Draft Amidships m	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250
Displacement t	1357	1254	1152	1052	952,7	856,4	762,9	671,6	582,1	494,2	408,0	323,2	239,8	158,1	78,88
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250	0,000
Draft at AP m	4,000	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500
Draft at LCF m	3,765	3,514	3,263	3,012	2,760	2,504	2,251	1,999	1,747	1,496	1,245	0,995	0,746	0,498	0,254
Trim (+ve by stern) m	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Wetted Area m <sup>2</sup>	690,069	663,623	636,435	608,961	580,754	548,783	519,977	494,444	468,219	442,526	417,394	392,720	368,072	342,836	312,380
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	405,385	400,820	395,307	389,077	381,516	369,495	360,107	352,790	345,927	339,563	333,682	328,128	322,280	315,110	300,250
Prismatic coeff. (Cp)	0,746	0,737	0,728	0,719	0,709	0,699	0,689	0,680	0,670	0,659	0,646	0,630	0,607	0,569	0,482
Block coeff. (Cb)	0,733	0,725	0,715	0,706	0,695	0,684	0,673	0,661	0,648	0,634	0,617	0,597	0,569	0,525	0,438
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995	0,992	0,992	0,990	0,989	0,986	0,981	0,977	0,970	0,959	3062778,
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,870	0,861	0,850	0,837	0,821	0,794	0,774	0,757	0,741	0,727	0,713	0,700	0,687	0,672	0,645
LCB from zero pt. (+ve fwd)	24,402	24,473	24,550	24,629	24,704	24,756	24,759	24,729	24,660	24,541	24,355	24,064	23,588	22,700	20,405
VCB m	1,975	1,837	1,700	1,563	1,425	1,289	1,156	1,024	0,894	0,764	0,636	0,509	0,383	0,260	0,143
LCF from zero pt. (+ve fwd)	23,498	23,560	23,660	23,801	24,024	24,536	24,878	25,083	25,259	25,385	25,452	25,460	25,386	25,197	24,627
KB m	1,975	1,837	1,700	1,563	1,425	1,289	1,156	1,024	0,894	0,764	0,636	0,509	0,383	0,260	0,143
BMT m	1,875	1,993	2,125	2,274	2,447	2,648	2,896	3,211	3,622	4,174	4,951	6,115	8,044	11,818	21,951
BML m	52,458	55,199	57,989	60,977	63,807	64,264	66,738	71,544	78,089	87,285	100,765	121,632	156,335	223,936	399,468
GMT m	0,344	0,326	0,321	0,334	0,370	0,435	0,550	0,733	1,012	1,434	2,081	3,115	4,914	8,555	18,548
GML m	50,927	53,532	56,185	59,036	61,730	62,051	64,392	69,066	75,479	84,545	97,895	118,632	153,205	220,673	396,065
KMT m	3,850	3,831	3,825	3,837	3,872	3,937	4,052	4,235	4,515	4,938	5,587	6,624	8,427	12,077	22,094
KML m	54,433	57,037	59,689	62,540	65,233	65,553	67,894	72,568	78,982	88,049	101,401	122,141	156,718	224,196	399,611
Immersion (TPc) tonne/cm	4,155	4,108	4,052	3,988	3,911	3,787	3,691	3,616	3,546	3,481	3,420	3,363	3,303	3,230	3,078
MTc tonne.m	13,835	13,437	12,955	12,425	11,771	10,635	9,833	9,284	8,793	8,363	7,994	7,674	7,354	6,983	6,253

Tabla V1/C4-T3: Tabla de hidrostáticas para asiento 0,5 m

Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

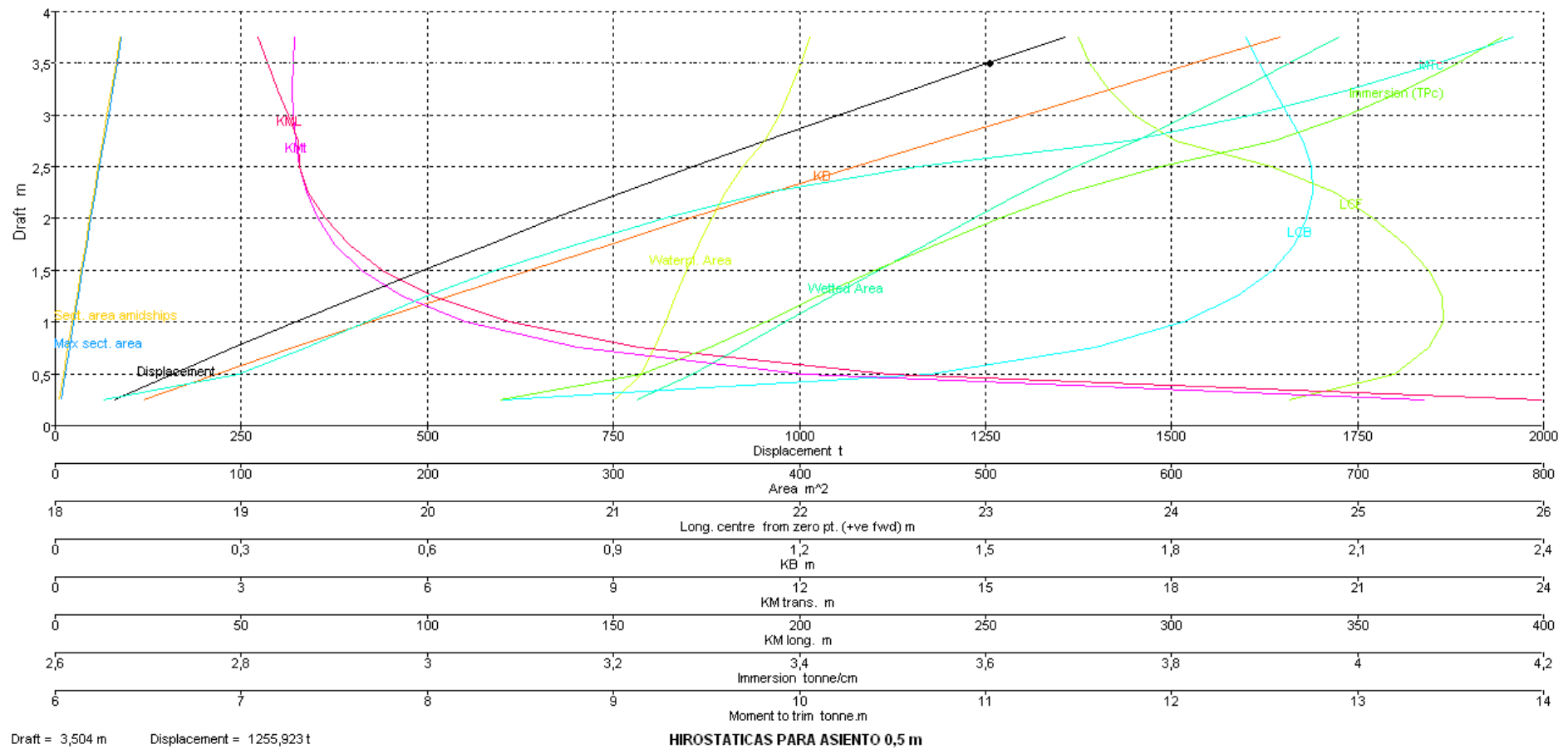


Figura V1/C4-F3: Curvas hidrostáticas para asiento 0,5 m  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

### 2.4.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento 1 m

Draft Amidships m	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250
Displacement t	1364	1260	1158	1057	957,2	859,4	764,1	671,8	581,6	493,3	406,8	322,0	238,9	158,0	82,50
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250	0,000	-0,250
Draft at AP m	4,250	4,000	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750
Draft at LCF m	3,783	3,533	3,281	3,029	2,776	2,522	2,261	2,004	1,750	1,497	1,245	0,995	0,747	0,504	0,299
Trim (+ve by stern) m	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Wetted Area m <sup>2</sup>	691,601	664,727	638,343	611,260	583,901	555,742	523,702	496,357	469,660	443,496	417,940	392,727	367,482	340,130	282,656
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	406,531	402,101	397,341	391,736	385,448	377,688	365,264	355,783	348,235	341,069	334,313	327,635	320,419	309,987	266,488
Prismatic coeff. (Cp)	0,736	0,727	0,717	0,706	0,695	0,683	0,670	0,657	0,643	0,628	0,609	0,584	0,549	0,493	0,395
Block coeff. (Cb)	0,721	0,711	0,701	0,690	0,677	0,664	0,649	0,635	0,619	0,600	0,578	0,551	0,515	0,459	0,370
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,987	0,986	0,985	0,980	0,978	0,973	0,968	0,963	0,958
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,873	0,864	0,854	0,843	0,829	0,812	0,785	0,764	0,747	0,730	0,714	0,699	0,683	0,661	0,571
LCB from zero pt. (+ve fwd)	23,873	23,917	23,964	24,011	24,054	24,085	24,079	24,004	23,870	23,660	23,338	22,841	22,025	20,505	17,269
VCB m	1,991	1,854	1,717	1,579	1,441	1,304	1,168	1,035	0,905	0,776	0,649	0,525	0,405	0,292	0,196
LCF from zero pt. (+ve fwd)	23,311	23,356	23,417	23,526	23,677	23,907	24,429	24,768	24,965	25,117	25,212	25,222	25,124	24,787	22,512
KB m	1,991	1,854	1,717	1,579	1,441	1,304	1,168	1,035	0,905	0,776	0,649	0,525	0,405	0,292	0,196
BMT m	1,878	1,999	2,135	2,289	2,467	2,677	2,925	3,239	3,648	4,200	4,975	6,133	8,037	11,662	19,602
BML m	52,508	55,246	58,362	61,676	65,327	68,853	69,759	73,304	79,702	88,598	101,609	121,432	154,067	212,807	258,850
GMT m	0,347	0,332	0,331	0,349	0,390	0,463	0,575	0,755	1,031	1,450	2,092	3,116	4,884	8,366	16,145
GML m	50,977	53,579	56,559	59,736	63,250	66,639	67,409	70,820	77,085	85,848	98,726	118,415	150,914	209,510	255,393
KMT m	3,869	3,853	3,851	3,868	3,908	3,980	4,093	4,275	4,553	4,976	5,624	6,659	8,442	11,955	19,799
KML m	54,499	57,100	60,079	63,255	66,769	70,157	70,927	74,339	80,607	89,374	102,259	121,957	154,472	213,099	259,047
Immersion (TPC) tonne/cm	4,167	4,122	4,073	4,015	3,951	3,871	3,744	3,647	3,569	3,496	3,427	3,358	3,284	3,177	2,732
MTc tonne.m	13,916	13,515	13,108	12,635	12,118	11,462	10,309	9,522	8,973	8,476	8,038	7,630	7,216	6,625	4,217

Tabla V1/C4-T4: Tabla de hidrostáticas para asiento 1 m

Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

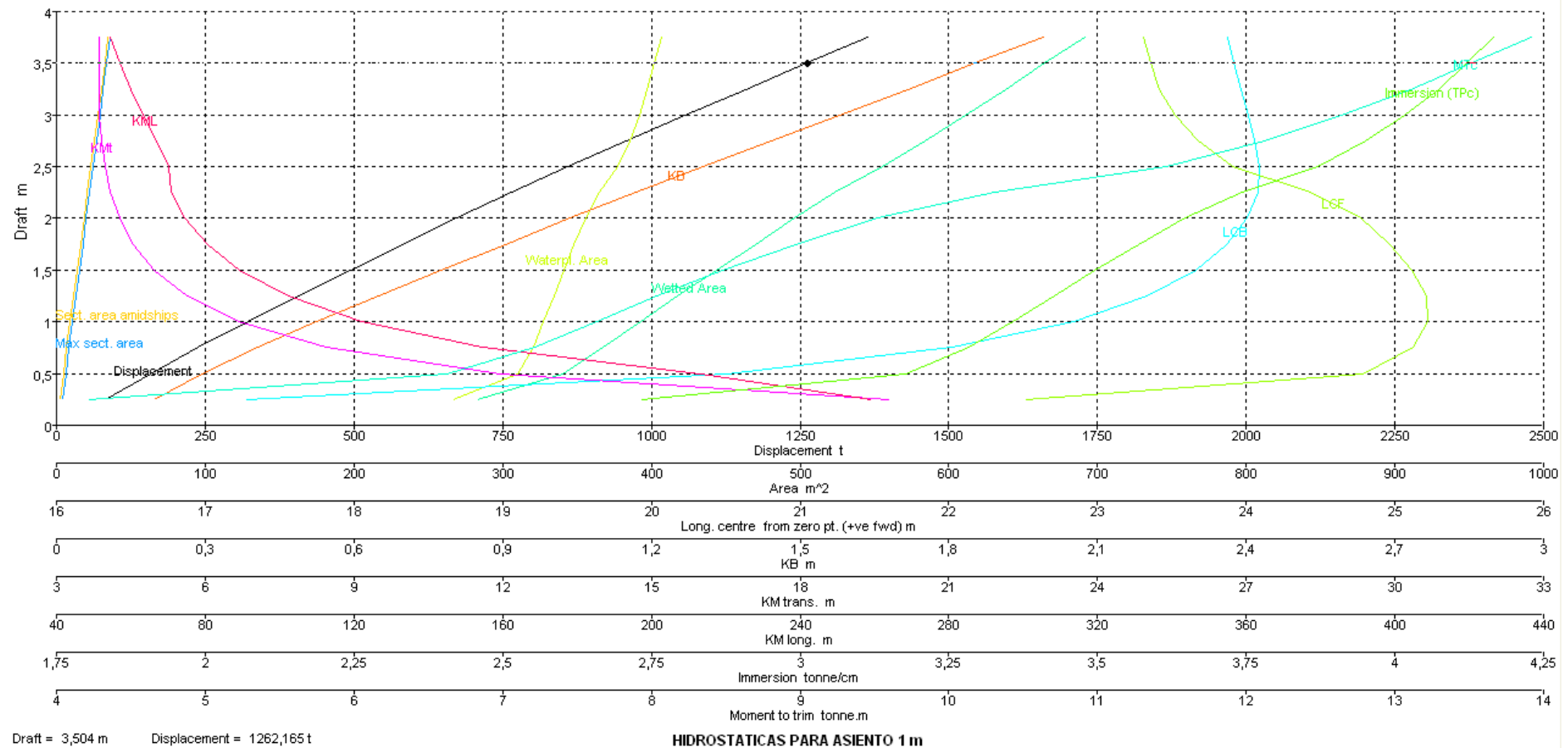


Figura V1/C4-F4: Curvas hidrostáticas para asiento 1 m  
 Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

### 2.5.- Tabla y curvas hidrostáticas para asiento 1,5 m

Draft Amidships m	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250
Displacement t	1371	1267	1165	1063	963,0	864,3	767,5	673,3	582,2	493,3	406,5	321,6	239,0	160,0	91,56
Heel deg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Draft at FP m	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000	0,750	0,500	0,250	0,000	-0,250	-0,500
Draft at AP m	4,500	4,250	4,000	3,750	3,500	3,250	3,000	2,750	2,500	2,250	2,000	1,750	1,500	1,250	1,000
Draft at LCF m	3,806	3,555	3,303	3,051	2,798	2,543	2,286	2,020	1,760	1,505	1,252	1,002	0,757	0,538	0,388
Trim (+ve by stern) m	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
Wetted Area m <sup>2</sup>	693,160	666,377	639,634	613,393	586,425	559,138	531,029	498,895	471,578	444,982	418,753	392,831	366,055	328,029	251,466
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	407,340	403,274	398,808	393,996	388,240	381,714	373,688	360,828	350,997	343,052	335,181	327,101	317,405	294,712	230,895
Prismatic coeff. (Cp)	0,725	0,715	0,704	0,693	0,680	0,666	0,651	0,634	0,617	0,597	0,573	0,542	0,499	0,437	0,358
Block coeff. (Cb)	0,709	0,699	0,688	0,675	0,661	0,646	0,630	0,612	0,593	0,571	0,545	0,513	0,471	0,414	0,344
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,983	0,983	0,982	0,982	0,983	0,983	0,978	0,978	0,978	0,977	1104170	3275346	3764879	7311328	5596286
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,875	0,867	0,858	0,848	0,835	0,821	0,803	0,775	0,753	0,734	0,716	0,698	0,677	0,629	0,494
LCB from zero pt. (+ve fwd)	23,347	23,363	23,379	23,390	23,395	23,387	23,353	23,260	23,066	22,766	22,316	21,626	20,507	18,590	15,781
VCB m	2,014	1,877	1,740	1,603	1,466	1,328	1,191	1,056	0,926	0,799	0,674	0,555	0,443	0,344	0,258
LCF from zero pt. (+ve fwd)	23,132	23,161	23,212	23,283	23,397	23,548	23,784	24,314	24,636	24,811	24,917	24,926	24,750	23,719	20,382
KB m	2,014	1,877	1,740	1,603	1,466	1,328	1,191	1,056	0,926	0,799	0,674	0,555	0,443	0,344	0,258
BMT m	1,879	2,002	2,141	2,299	2,482	2,697	2,954	3,267	3,674	4,222	4,991	6,135	7,978	11,209	15,604
BML m	52,383	55,235	58,428	62,125	66,086	70,492	74,955	76,575	81,482	90,139	102,419	120,822	149,294	176,922	153,370
GMT m	0,345	0,331	0,334	0,355	0,401	0,478	0,598	0,773	1,043	1,455	2,087	3,090	4,789	7,863	12,087
GML m	50,849	53,564	56,621	60,181	64,005	68,273	72,598	74,081	78,852	87,372	99,515	117,777	146,104	173,575	149,853
KMT m	3,893	3,879	3,881	3,902	3,947	4,025	4,145	4,324	4,600	5,020	5,666	6,690	8,421	11,553	15,862
KML m	54,397	57,112	60,168	63,728	67,552	71,820	76,146	77,631	82,408	90,937	103,094	121,377	149,737	177,266	153,627
Immersion (TPC) tonne/cm	4,175	4,134	4,088	4,038	3,979	3,913	3,830	3,698	3,598	3,516	3,436	3,353	3,253	3,021	2,367
MTc tonne.m	13,956	13,588	13,199	12,806	12,336	11,811	11,152	9,983	9,189	8,627	8,096	7,581	6,989	5,558	2,746

Tabla VI/C4-T5: Tabla de hidrostáticas para asiento 1,5 m

Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

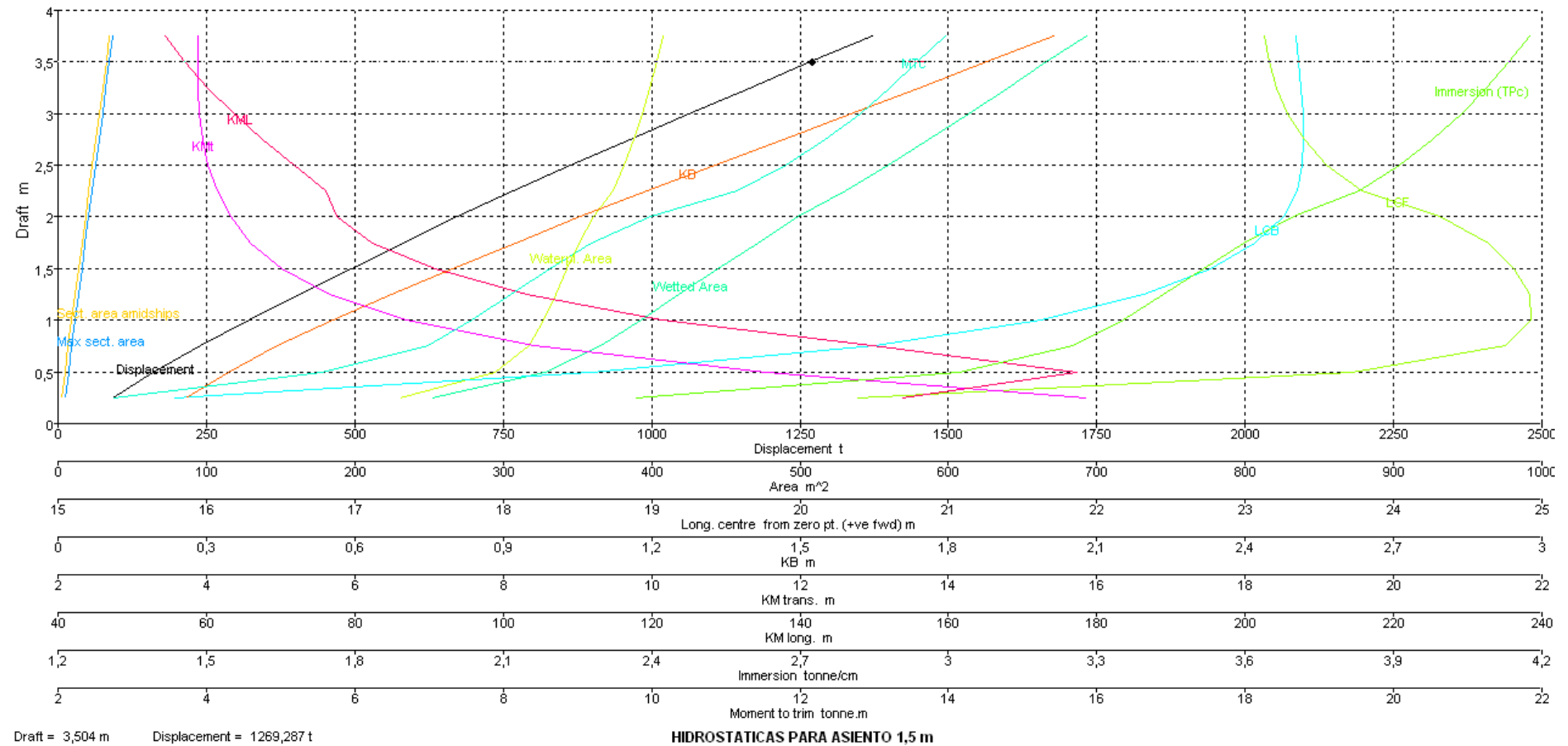


Figura V1/C4-F5: Curvas hidrostáticas para asiento 1,5 m  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.- PLANO DE TANQUES Y TABLAS DE CAPACIDADES

#### 3.1.- PLANO DE TANQUES

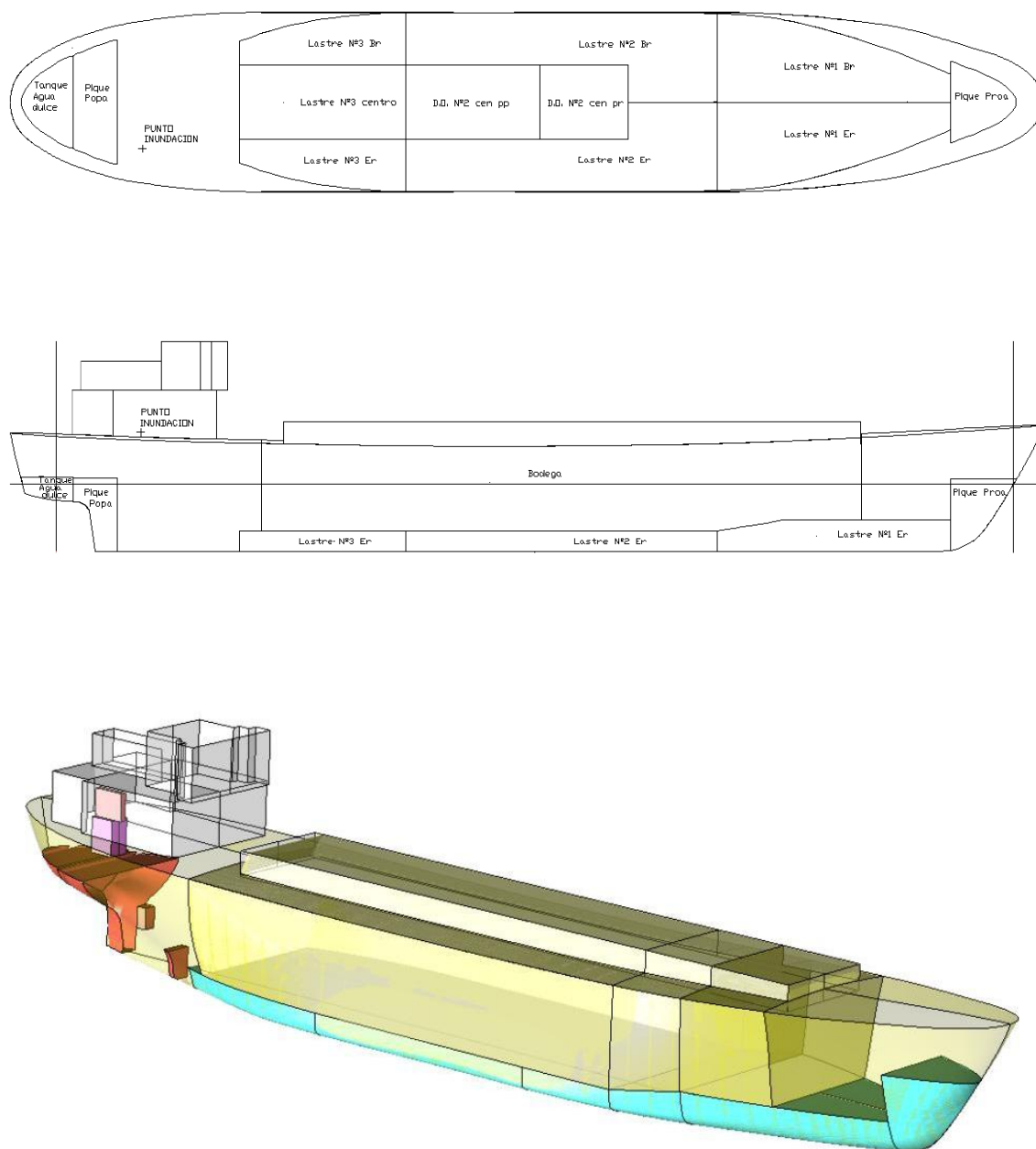


Figura V1/C4-F6 Disposición de tanques a bordo  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



## 3.2.- Tablas de capacidades

### 3.2.1.- Rassel de proa

Tanque de lastre de agua salada.

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Pique Proa	3,731	0,000	100,0	16,278	16,684	47,718	0,000	2,572	8,480
	3,696	0,035	98,0	15,952	16,351	47,711	0,000	2,547	8,294
	3,694	0,037	97,9	15,936	16,334	47,711	0,000	2,546	8,284
	3,600	0,131	92,7	15,091	15,469	47,694	0,000	2,480	7,794
	3,400	0,331	82,2	13,385	13,720	47,656	0,000	2,341	6,830
	3,200	0,531	72,5	11,801	12,096	47,619	0,000	2,203	5,971
	3,000	0,731	63,4	10,327	10,585	47,581	0,000	2,065	5,196
	2,800	0,931	55,1	8,969	9,193	47,545	0,000	1,928	4,490
	2,600	1,131	47,4	7,717	7,910	47,507	0,000	1,792	3,842
	2,400	1,331	40,4	6,571	6,735	47,470	0,000	1,656	3,253
	2,200	1,531	34,0	5,535	5,673	47,435	0,000	1,523	2,723
	2,000	1,731	28,2	4,593	4,708	47,400	0,000	1,390	2,253
	1,800	1,931	23,0	3,744	3,837	47,363	0,000	1,258	1,840
	1,600	2,131	18,4	2,990	3,065	47,328	0,000	1,129	1,480
	1,400	2,331	14,2	2,317	2,375	47,292	0,000	1,001	1,167
	1,200	2,531	10,6	1,720	1,763	47,248	0,000	0,872	0,903
	1,000	2,731	7,4	1,206	1,236	47,203	0,000	0,745	0,682
	0,800	2,931	4,7	0,769	0,788	47,150	0,000	0,616	0,486
	0,600	3,131	2,6	0,416	0,427	47,078	0,000	0,482	0,294
	0,400	3,331	1,0	0,170	0,174	46,998	0,000	0,347	0,124
	0,393	3,339	1,0	0,163	0,167	46,995	0,000	0,342	0,119
	0,200	3,531	0,2	0,035	0,036	46,900	0,000	0,209	0,022
	0,000	3,731	0,0	0,000	0,000	46,900	0,000	0,069	0,000

Tabla V1/C4-T6: Tabla de capacidades para rassel de proa  
Fuente: elaboración propia

### 3.2.2.- Tanques de lastre Nº 1 babor y Nº 1 estribor

Tanques de doble fondo simétricos de lastre de agua salada.

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Lastre Nº1 Er	1,650	0,000	100,0	56,716	58,134	39,703	1,712	0,821	29,219
	1,607	0,043	98,0	55,582	56,971	39,665	1,714	0,804	31,684
	1,605	0,045	97,9	55,525	56,913	39,663	1,714	0,803	31,672
	1,600	0,050	97,7	55,394	56,779	39,659	1,714	0,801	31,645
	1,500	0,150	92,7	52,590	53,904	39,572	1,717	0,762	36,939
	1,400	0,250	87,3	49,540	50,778	39,491	1,718	0,719	40,052
	1,300	0,350	81,6	46,278	47,435	39,416	1,717	0,675	43,351
	1,200	0,450	75,4	42,780	43,849	39,353	1,714	0,628	50,165
	1,100	0,550	68,9	39,052	40,029	39,309	1,708	0,578	54,407
	1,000	0,650	62,0	35,155	36,034	39,284	1,698	0,526	54,859
	0,900	0,750	55,2	31,285	32,067	39,259	1,686	0,473	53,872
	0,800	0,850	48,4	27,458	28,145	39,231	1,674	0,421	52,808
	0,700	0,950	41,8	23,681	24,273	39,199	1,660	0,368	51,642
	0,600	1,050	35,2	19,959	20,458	39,162	1,644	0,316	50,326
	0,500	1,150	28,7	16,300	16,708	39,118	1,625	0,263	48,762
	0,400	1,250	22,4	12,719	13,037	39,064	1,602	0,210	46,754
	0,300	1,350	16,3	9,237	9,468	38,994	1,574	0,158	44,044
	0,200	1,450	10,4	5,888	6,035	38,893	1,538	0,105	40,292
	0,100	1,550	4,8	2,738	2,806	38,719	1,486	0,052	34,617
	0,023	1,627	1,0	0,567	0,581	38,435	1,420	0,012	26,597
	0,000	1,650	0,0	0,000	0,000	38,435	1,420	0,000	0,000

Tabla V1/C4-T7: Tabla de capacidades para tanques de lastre Nº 1  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.3.- Tanques de lastre Nº 2 babor y Nº 2 estribor

Tanques de doble fondo simétricos de lastre de agua salada.

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Lastre Nº2 Er	1,070	0,000	100,0	54,862	56,233	27,351	2,869	0,542	71,941
	1,050	0,020	98,1	53,819	55,165	27,350	2,868	0,532	71,936
	1,049	0,021	98,0	53,764	55,108	27,350	2,868	0,532	71,936
	1,048	0,022	97,9	53,709	55,052	27,350	2,868	0,531	71,935
	1,000	0,070	93,4	51,213	52,494	27,350	2,867	0,507	71,923
	0,950	0,120	88,6	48,608	49,823	27,350	2,865	0,482	71,908
	0,900	0,170	83,9	46,002	47,152	27,350	2,864	0,457	71,892
	0,850	0,220	79,1	43,397	44,482	27,350	2,862	0,432	71,872
	0,800	0,270	74,4	40,793	41,812	27,350	2,860	0,407	71,851
	0,750	0,320	69,6	38,188	39,143	27,351	2,858	0,382	71,829
	0,700	0,370	64,9	35,584	36,474	27,351	2,855	0,356	71,804
	0,650	0,420	60,1	32,981	33,805	27,351	2,852	0,331	71,775
	0,600	0,470	55,4	30,378	31,137	27,352	2,849	0,306	71,746
	0,550	0,520	50,6	27,775	28,469	27,352	2,845	0,281	71,713
	0,500	0,570	45,9	25,173	25,802	27,353	2,840	0,256	71,676
	0,450	0,620	41,1	22,572	23,136	27,354	2,834	0,230	71,632
	0,400	0,670	36,4	19,972	20,471	27,356	2,827	0,205	71,547
	0,350	0,720	31,7	17,373	17,808	27,359	2,817	0,180	71,332
	0,300	0,770	26,9	14,781	15,150	27,362	2,805	0,154	70,857
	0,250	0,820	22,2	12,199	12,504	27,367	2,790	0,129	69,852
	0,200	0,870	17,6	9,639	9,880	27,374	2,770	0,103	68,305
	0,150	0,920	13,0	7,108	7,286	27,382	2,744	0,077	66,096
	0,100	0,970	8,4	4,623	4,738	27,395	2,707	0,052	62,873
	0,050	1,020	4,0	2,208	2,263	27,418	2,642	0,026	57,715
	0,014	1,056	1,0	0,549	0,562	27,467	2,503	0,007	49,033
	0,000	1,070	0,0	0,000	0,000	27,467	2,503	0,000	0,000

Tabla V1/C4-T8: Tabla de capacidades para tanques de lastre Nº 2  
Fuente: elaboración propia

### 3.2.4.- Tanques de lastre Nº 3 babor y Nº 3 estribor

Tanques de doble fondo simétricos de lastre de agua salada.

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Lastre Nº3 Er	1,070	0,000	100,0	19,219	19,700	14,497	3,037	0,550	10,074
	1,050	0,020	98,0	18,837	19,308	14,499	3,036	0,540	10,049
	1,049	0,021	98,0	18,835	19,306	14,499	3,036	0,540	10,048
	1,048	0,022	97,9	18,816	19,286	14,500	3,036	0,539	10,047
	1,000	0,070	93,0	17,863	18,330	14,505	3,034	0,514	9,986
	0,950	0,120	88,1	16,934	17,357	14,511	3,031	0,488	9,923
	0,900	0,170	83,2	15,989	16,389	14,517	3,029	0,462	9,861
	0,850	0,220	78,3	15,048	15,425	14,523	3,026	0,437	9,799
	0,800	0,270	73,4	14,112	14,465	14,528	3,023	0,411	9,736
	0,750	0,320	68,6	13,180	13,510	14,534	3,020	0,385	9,674
	0,700	0,370	63,8	12,252	12,559	14,540	3,017	0,359	9,611
	0,650	0,420	58,9	11,329	11,613	14,546	3,014	0,334	9,547
	0,600	0,470	54,2	10,411	10,671	14,552	3,010	0,308	9,480
	0,550	0,520	49,4	9,497	9,734	14,558	3,006	0,282	9,409
	0,500	0,570	44,7	8,588	8,802	14,564	3,001	0,256	9,329
	0,450	0,620	40,0	7,684	7,876	14,570	2,996	0,231	9,230
	0,400	0,670	35,3	6,786	6,956	14,576	2,991	0,205	9,110
	0,350	0,720	30,7	5,895	6,042	14,582	2,984	0,179	8,964
	0,300	0,770	26,1	5,011	5,136	14,589	2,977	0,154	8,785
	0,250	0,820	21,5	4,136	4,239	14,597	2,968	0,128	8,568
	0,200	0,870	17,0	3,270	3,352	14,608	2,959	0,102	8,301
	0,150	0,920	12,6	2,417	2,477	14,622	2,947	0,077	7,967
	0,100	0,970	8,2	1,580	1,619	14,644	2,932	0,051	7,536
	0,050	1,020	4,0	0,767	0,786	14,682	2,911	0,025	6,930
	0,013	1,057	1,0	0,192	0,197	14,732	2,887	0,007	6,207
	0,000	1,070	0,0	0,000	0,000	14,732	2,887	0,000	0,000

Tabla V1/C4-T9: Tabla de capacidades para tanques de lastre Nº 3 Br y Er  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.5.- Tanque de lastre Nº 3 centro

Tanques de doble fondo simétricos de lastre de agua salada.

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Lastre Nº3 centro	1,070	0,000	100,0	35,032	35,907	13,919	0,000	0,535	42,078
	1,050	0,020	98,1	34,377	35,236	13,919	0,000	0,525	42,078
	1,049	0,021	98,0	34,331	35,189	13,919	0,000	0,524	42,078
	1,048	0,022	97,9	34,296	35,153	13,919	0,000	0,524	42,078
	1,000	0,070	93,5	32,740	33,558	13,919	0,000	0,500	42,078
	0,950	0,120	88,8	31,103	31,880	13,919	0,000	0,475	42,078
	0,900	0,170	84,1	29,466	30,203	13,919	0,000	0,450	42,078
	0,850	0,220	79,4	27,829	28,525	13,919	0,000	0,425	42,078
	0,800	0,270	74,8	26,192	26,847	13,919	0,000	0,400	42,078
	0,750	0,320	70,1	24,555	25,169	13,919	0,000	0,375	42,078
	0,700	0,370	65,4	22,918	23,491	13,919	0,000	0,350	42,078
	0,650	0,420	60,7	21,281	21,813	13,919	0,000	0,325	42,078
	0,600	0,470	56,1	19,644	20,135	13,919	0,000	0,300	42,078
	0,550	0,520	51,4	18,007	18,457	13,919	0,000	0,275	42,078
	0,500	0,570	46,7	16,370	16,779	13,919	0,000	0,250	42,078
	0,450	0,620	42,1	14,733	15,101	13,919	0,000	0,225	42,078
	0,400	0,670	37,4	13,096	13,423	13,919	0,000	0,200	42,078
	0,350	0,720	32,7	11,459	11,745	13,919	0,000	0,175	42,078
	0,300	0,770	28,0	9,822	10,068	13,919	0,000	0,150	42,078
	0,250	0,820	23,4	8,185	8,390	13,919	0,000	0,125	42,078
	0,200	0,870	18,7	6,548	6,712	13,919	0,000	0,100	42,078
	0,150	0,920	14,0	4,911	5,034	13,919	0,000	0,075	42,078
	0,100	0,970	9,3	3,274	3,356	13,919	0,000	0,050	42,078
	0,050	1,020	4,7	1,637	1,678	13,919	0,000	0,025	42,078
	0,011	1,059	1,0	0,350	0,359	13,919	0,000	0,005	42,078
	0,000	1,070	0,0	0,000	0,000	13,919	0,000	0,000	0,000

Tabla V1/C4-T10: Tabla de capacidades para tanques de lastre Nº 3 Centro  
Fuente: elaboración propia

### 3.2.6.- Tanque de combustible Nº 2 centro proa

Tanque almacén de GO D/F

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
D.O. Nº2 cen pr	1,070	0,000	100,0	18,687	15,697	27,550	0,000	0,535	18,399
	1,050	0,020	98,1	18,338	15,404	27,550	0,000	0,525	18,399
	1,049	0,021	98,0	18,313	15,383	27,550	0,000	0,524	18,399
	1,048	0,022	97,9	18,295	15,367	27,550	0,000	0,524	18,399
	1,000	0,070	93,5	17,464	14,670	27,550	0,000	0,500	18,399
	0,950	0,120	88,8	16,591	13,936	27,550	0,000	0,475	18,399
	0,900	0,170	84,1	15,717	13,203	27,550	0,000	0,450	18,399
	0,850	0,220	79,4	14,844	12,469	27,550	0,000	0,425	18,399
	0,800	0,270	74,8	13,970	11,735	27,550	0,000	0,400	18,399
	0,750	0,320	70,1	13,097	11,001	27,550	0,000	0,375	18,399
	0,700	0,370	65,4	12,224	10,268	27,550	0,000	0,350	18,399
	0,650	0,420	60,7	11,350	9,534	27,550	0,000	0,325	18,399
	0,600	0,470	56,1	10,477	8,800	27,550	0,000	0,300	18,399
	0,550	0,520	51,4	9,603	8,067	27,550	0,000	0,275	18,399
	0,500	0,570	46,7	8,730	7,333	27,549	0,000	0,250	18,399
	0,450	0,620	42,0	7,856	6,599	27,549	0,000	0,225	18,399
	0,400	0,670	37,4	6,983	5,866	27,549	0,000	0,200	18,399
	0,350	0,720	32,7	6,109	5,132	27,549	0,000	0,175	18,399
	0,300	0,770	28,0	5,236	4,398	27,549	0,000	0,150	18,399
	0,250	0,820	23,3	4,363	3,665	27,549	0,000	0,125	18,399
	0,200	0,870	18,7	3,489	2,931	27,549	0,000	0,100	18,399
	0,150	0,920	14,0	2,616	2,197	27,548	0,000	0,075	18,399
	0,100	0,970	9,3	1,742	1,464	27,547	0,000	0,050	18,399
	0,050	1,020	4,6	0,869	0,730	27,545	0,000	0,025	18,399
	0,011	1,059	1,0	0,187	0,157	27,526	0,000	0,006	18,399
	0,000	1,070	0,0	0,000	0,000	27,526	0,000	0,000	0,000

Tabla V1/C4-T11: Tabla de capacidades para tanques de combustible Nº 2 Centro Pr  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.7.- Tanque de combustible Nº2 centro popa

Tanque almacén de GO D/F

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
D.O. Nº2 cen pp	1,070	0,000	100,0	28,025	23,541	21,749	0,000	0,535	27,587
	1,050	0,020	98,1	27,501	23,101	21,749	0,000	0,525	27,587
	1,049	0,021	98,0	27,465	23,070	21,749	0,000	0,524	27,587
	1,048	0,022	97,9	27,437	23,047	21,749	0,000	0,524	27,587
	1,000	0,070	93,5	26,192	22,001	21,749	0,000	0,500	27,587
	0,950	0,120	88,8	24,882	20,901	21,749	0,000	0,475	27,587
	0,900	0,170	84,1	23,573	19,801	21,749	0,000	0,450	27,587
	0,850	0,220	79,4	22,263	18,701	21,749	0,000	0,425	27,587
	0,800	0,270	74,8	20,953	17,601	21,749	0,000	0,400	27,587
	0,750	0,320	70,1	19,644	16,501	21,749	0,000	0,375	27,587
	0,700	0,370	65,4	18,334	15,401	21,749	0,000	0,350	27,587
	0,650	0,420	60,7	17,025	14,301	21,749	0,000	0,325	27,587
	0,600	0,470	56,1	15,715	13,201	21,749	0,000	0,300	27,587
	0,550	0,520	51,4	14,406	12,101	21,749	0,000	0,275	27,587
	0,500	0,570	46,7	13,096	11,001	21,749	0,000	0,250	27,587
	0,450	0,620	42,1	11,786	9,901	21,749	0,000	0,225	27,587
	0,400	0,670	37,4	10,477	8,800	21,749	0,000	0,200	27,587
	0,350	0,720	32,7	9,167	7,700	21,749	0,000	0,175	27,587
	0,300	0,770	28,0	7,858	6,600	21,749	0,000	0,150	27,587
	0,250	0,820	23,4	6,548	5,500	21,749	0,000	0,125	27,587
	0,200	0,870	18,7	5,238	4,400	21,749	0,000	0,100	27,587
	0,150	0,920	14,0	3,929	3,300	21,749	0,000	0,075	27,587
	0,100	0,970	9,3	2,619	2,200	21,749	0,000	0,050	27,587
	0,050	1,020	4,7	1,310	1,100	21,749	0,000	0,025	27,587
	0,011	1,059	1,0	0,280	0,235	21,749	0,000	0,005	27,587
	0,000	1,070	0,0	0,000	0,000	21,749	0,000	0,000	0,000

Tabla V1/C4-T12: Tabla de capacidades para tanques de combustible Nº 2 Centro Pp  
Fuente: elaboración propia

### 3.2.8.- Tanque de agua dulce

Tanque de consumo de agua dulce para servicios de la habilitación

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque agua dulce	1,282	0,000	100,0	6,825	6,825	-0,100	0,000	3,427	10,483
	1,267	0,016	98,0	6,688	6,688	-0,098	0,000	3,417	10,359
	1,266	0,017	97,9	6,682	6,682	-0,098	0,000	3,417	10,353
	1,250	0,032	95,9	6,548	6,548	-0,096	0,000	3,408	10,227
	1,200	0,082	89,8	6,128	6,128	-0,089	0,000	3,378	9,788
	1,150	0,132	83,8	5,717	5,717	-0,082	0,000	3,349	9,353
	1,100	0,182	77,9	5,315	5,315	-0,075	0,000	3,319	8,890
	1,050	0,232	72,1	4,921	4,921	-0,067	0,000	3,290	8,427
	1,000	0,282	66,5	4,537	4,537	-0,060	0,000	3,260	7,967
	0,950	0,332	61,0	4,161	4,161	-0,050	0,000	3,231	7,507
	0,900	0,382	55,6	3,797	3,797	-0,042	0,000	3,201	7,049
	0,850	0,432	50,4	3,442	3,442	-0,032	0,000	3,172	6,592
	0,800	0,482	45,4	3,097	3,097	-0,022	0,000	3,142	6,137
	0,750	0,532	40,5	2,763	2,763	-0,010	0,000	3,113	5,682
	0,700	0,582	35,8	2,441	2,441	0,003	0,000	3,083	5,226
	0,650	0,632	31,2	2,130	2,130	0,016	0,000	3,053	4,769
	0,600	0,682	26,9	1,833	1,833	0,032	0,000	3,023	4,310
	0,550	0,732	22,7	1,549	1,549	0,049	0,000	2,993	3,849
	0,500	0,782	18,8	1,281	1,281	0,068	0,000	2,962	3,385
	0,450	0,832	15,1	1,029	1,029	0,089	0,000	2,932	2,917
	0,400	0,882	11,6	0,795	0,795	0,112	0,000	2,900	2,446
	0,350	0,932	8,5	0,582	0,582	0,137	0,000	2,868	1,971
	0,300	0,982	5,8	0,393	0,393	0,161	0,000	2,835	1,485
	0,250	1,032	3,4	0,233	0,233	0,177	0,000	2,798	0,912
	0,200	1,082	1,8	0,123	0,123	0,226	0,000	2,761	0,204
	0,162	1,120	1,0	0,068	0,068	0,287	0,000	2,734	0,083
	0,150	1,132	0,8	0,054	0,054	0,314	0,000	2,724	0,059
	0,100	1,182	0,2	0,016	0,016	0,439	0,000	2,688	0,009
	0,050	1,232	0,0	0,002	0,002	0,622	0,000	2,650	0,000
	0,000	1,282	0,0	0,000	0,000	0,822	0,000	2,613	0,000

Tabla V1/C4-T13: Tabla de capacidades para tanque de agua dulce  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez





### 3.2.9.- Rasel de popa

Tanque de lastre diseñado para el transporte de agua dulce

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Pique Popa	3,817	0,000	100,0	15,853	15,853	2,235	0,000	2,967	37,301
	3,800	0,017	98,6	15,632	15,632	2,237	0,000	2,955	36,947
	3,793	0,024	98,0	15,536	15,536	2,237	0,000	2,950	36,793
	3,791	0,026	97,9	15,520	15,520	2,238	0,000	2,949	36,767
	3,600	0,217	82,6	13,090	13,090	2,265	0,000	2,810	32,246
	3,400	0,417	67,3	10,674	10,674	2,304	0,000	2,654	27,294
	3,200	0,617	53,0	8,406	8,406	2,359	0,000	2,479	22,100
	3,000	0,817	39,9	6,324	6,324	2,443	0,000	2,274	16,352
	2,800	1,017	28,6	4,539	4,539	2,559	0,000	2,026	9,275
	2,600	1,217	21,0	3,325	3,325	2,634	0,000	1,778	4,052
	2,400	1,417	16,1	2,550	2,550	2,668	0,000	1,556	1,543
	2,200	1,617	12,8	2,023	2,023	2,690	0,000	1,361	0,614
	2,000	1,817	10,4	1,649	1,649	2,702	0,000	1,192	0,290
	1,800	2,017	8,6	1,357	1,357	2,712	0,000	1,039	0,160
	1,600	2,217	7,0	1,118	1,118	2,721	0,000	0,897	0,100
	1,400	2,417	5,8	0,916	0,916	2,727	0,000	0,764	0,067
	1,200	2,617	4,7	0,743	0,743	2,730	0,000	0,638	0,046
	1,000	2,817	3,7	0,592	0,592	2,733	-0,001	0,520	0,033
	0,800	3,017	2,9	0,458	0,458	2,735	-0,001	0,408	0,025
	0,600	3,217	2,1	0,336	0,336	2,735	-0,001	0,302	0,020
	0,400	3,417	1,4	0,222	0,222	2,735	-0,002	0,200	0,017
	0,285	3,532	1,0	0,159	0,159	2,735	-0,002	0,142	0,017
	0,200	3,617	0,7	0,112	0,112	2,735	-0,003	0,100	0,017
	0,000	3,817	0,0	0,000	0,000	2,735	-0,003	0,000	0,000

Tabla VI/C4-T14: Tabla de capacidades para rasel de popa  
Fuente: elaboración propia

### 3.2.10.- Bodega

El cálculo de la bodega se ha efectuado para una carga homogénea de  $0,62 \text{ t/m}^3$ , siguiendo los criterios de la Administración española

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Bodega	5,688	0,000	100,0	1442,882	894,587	26,104	0,000	3,744	193,624
	5,500	0,188	98,0	1414,701	877,115	26,086	0,000	3,686	193,624
	5,495	0,193	98,0	1414,025	876,695	26,085	0,000	3,684	193,624
	5,486	0,202	97,9	1412,582	875,801	26,084	0,000	3,681	193,624
	5,250	0,438	95,4	1377,225	853,880	26,060	0,000	3,610	193,624
	5,000	0,688	92,9	1339,743	830,641	26,033	0,000	3,538	193,775
	4,750	0,938	90,2	1300,833	806,517	25,989	0,000	3,466	300,637
	4,500	1,188	86,7	1250,279	775,173	25,923	0,000	3,377	1003,857
	4,250	1,438	81,7	1178,961	730,956	25,902	0,000	3,252	1263,112
	4,000	1,688	76,7	1106,967	686,319	25,880	0,000	3,125	1259,083
	3,750	1,938	71,7	1035,065	641,740	25,857	0,000	2,999	1254,969
	3,500	2,188	66,8	963,256	597,219	25,831	0,000	2,872	1250,757
	3,250	2,438	61,8	891,544	552,757	25,803	0,000	2,746	1246,411
	3,000	2,688	56,8	819,932	508,358	25,770	0,000	2,619	1241,857
	2,750	2,938	51,9	748,423	464,023	25,731	0,000	2,492	1237,025
	2,500	3,188	46,9	677,029	419,758	25,686	0,000	2,366	1231,318
	2,250	3,438	42,0	605,771	375,578	25,629	0,000	2,239	1224,410
	2,000	3,688	37,1	534,673	331,497	25,558	0,000	2,111	1216,552
	1,750	3,938	32,1	463,752	287,526	25,464	0,000	1,984	1208,155
	1,500	4,188	27,2	393,020	243,672	25,337	0,000	1,856	1199,255
	1,250	4,438	22,4	322,491	199,944	25,153	0,000	1,727	1189,921
	1,000	4,688	17,5	252,181	156,352	24,865	0,000	1,597	1179,849
	0,750	4,938	12,6	182,118	112,913	24,355	0,000	1,463	1168,916
	0,500	5,188	8,0	114,947	71,267	23,591	0,000	1,325	1054,003
	0,250	5,438	3,9	55,736	34,557	23,234	0,000	1,196	989,477
	0,066	5,622	1,0	14,429	8,946	22,970	0,000	1,103	939,873
	0,000	5,688	0,0	0,000	0,000	22,970	0,000	1,070	0,000

Tabla VI/C4-T15: Tabla de capacidades para bodega  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.11.- Tanque de lodos

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque Lodos	1,400	0,000	100,0	0,500	0,500	7,709	1,794	0,759	0,066
	1,379	0,021	98,0	0,490	0,490	7,709	1,791	0,746	0,063
	1,378	0,022	97,9	0,489	0,489	7,709	1,790	0,745	0,063
	1,300	0,100	90,7	0,453	0,453	7,709	1,780	0,698	0,054
	1,200	0,200	82,0	0,410	0,410	7,709	1,768	0,639	0,046
	1,100	0,300	73,7	0,368	0,368	7,709	1,758	0,582	0,039
	1,000	0,400	65,8	0,329	0,329	7,709	1,750	0,526	0,034
	0,900	0,500	58,3	0,292	0,292	7,709	1,742	0,471	0,030
	0,800	0,600	51,1	0,255	0,255	7,709	1,736	0,417	0,027
	0,700	0,700	44,1	0,220	0,220	7,709	1,730	0,365	0,024
	0,600	0,800	37,3	0,186	0,186	7,709	1,724	0,313	0,023
	0,500	0,900	30,6	0,153	0,153	7,709	1,718	0,261	0,022
	0,400	1,000	24,1	0,120	0,120	7,709	1,711	0,209	0,021
	0,300	1,100	17,6	0,088	0,088	7,709	1,701	0,157	0,020
	0,200	1,200	11,3	0,056	0,056	7,709	1,685	0,105	0,018
	0,100	1,300	5,2	0,026	0,026	7,709	1,657	0,052	0,014
	0,022	1,378	1,0	0,005	0,005	7,709	1,614	0,011	0,009
	0,000	1,400	0,0	0,000	0,000	7,709	1,614	0,000	0,000

Tabla VI/C4-T16: Tabla de capacidades para tanque de lodos  
Fuente: elaboración propia

### 3.2.12.- Tanque almacén de aceite lubricante

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque de aceite	1,000	0,000	100,0	1,000	0,920	8,627	-3,099	2,299	0,179
	0,985	0,015	98,0	0,980	0,902	8,627	-3,096	2,290	0,175
	0,984	0,016	97,9	0,979	0,901	8,627	-3,096	2,290	0,175
	0,950	0,050	93,5	0,935	0,860	8,628	-3,090	2,270	0,168
	0,900	0,100	87,1	0,871	0,801	8,629	-3,080	2,241	0,157
	0,850	0,150	80,8	0,808	0,744	8,629	-3,071	2,212	0,146
	0,800	0,200	74,7	0,747	0,688	8,630	-3,061	2,182	0,136
	0,750	0,250	68,8	0,688	0,633	8,631	-3,052	2,154	0,126
	0,700	0,300	63,0	0,630	0,580	8,632	-3,042	2,125	0,116
	0,650	0,350	57,4	0,574	0,528	8,633	-3,032	2,096	0,107
	0,600	0,400	51,9	0,519	0,478	8,633	-3,023	2,067	0,098
	0,550	0,450	46,7	0,467	0,429	8,634	-3,013	2,039	0,089
	0,500	0,500	41,5	0,415	0,382	8,635	-3,003	2,011	0,081
	0,450	0,550	36,6	0,366	0,337	8,636	-2,994	1,983	0,073
	0,400	0,600	31,8	0,318	0,293	8,638	-2,984	1,955	0,066
	0,350	0,650	27,2	0,272	0,251	8,639	-2,975	1,927	0,059
	0,300	0,700	22,8	0,228	0,210	8,640	-2,965	1,900	0,053
	0,250	0,750	18,6	0,186	0,171	8,641	-2,956	1,873	0,047
	0,200	0,800	14,5	0,145	0,133	8,643	-2,947	1,846	0,042
	0,150	0,850	10,6	0,106	0,098	8,644	-2,938	1,820	0,037
	0,100	0,900	6,9	0,069	0,063	8,645	-2,929	1,794	0,032
	0,050	0,950	3,4	0,034	0,031	8,647	-2,920	1,768	0,028
	0,015	0,985	1,0	0,010	0,009	8,648	-2,914	1,751	0,025
	0,000	1,000	0,0	0,000	0,000	8,648	-2,914	1,743	0,000

Tabla VI/C4-T17: Tabla de capacidades para tanque de aceite  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.13.- Tanque de sentinas

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque Sentinas	1,300	0,000	100,0	0,600	0,600	1,967	0,150	6,650	0,003
	1,300	0,000	100,0	0,600	0,600	1,967	0,150	6,650	0,003
	1,274	0,026	98,0	0,588	0,588	1,967	0,150	6,637	0,003
	1,273	0,027	97,9	0,587	0,587	1,967	0,150	6,636	0,003
	1,200	0,100	92,3	0,554	0,554	1,967	0,150	6,600	0,003
	1,100	0,200	84,6	0,508	0,508	1,967	0,150	6,550	0,003
	1,000	0,300	76,9	0,461	0,461	1,967	0,150	6,500	0,003
	0,900	0,400	69,2	0,415	0,415	1,967	0,150	6,450	0,003
	0,800	0,500	61,5	0,369	0,369	1,967	0,150	6,400	0,003
	0,700	0,600	53,8	0,323	0,323	1,967	0,150	6,350	0,003
	0,600	0,700	46,2	0,277	0,277	1,967	0,150	6,300	0,003
	0,500	0,800	38,5	0,231	0,231	1,967	0,150	6,250	0,003
	0,400	0,900	30,8	0,185	0,185	1,967	0,150	6,200	0,003
	0,300	1,000	23,1	0,138	0,138	1,967	0,150	6,150	0,003
	0,200	1,100	15,4	0,092	0,092	1,967	0,150	6,100	0,003
	0,100	1,200	7,7	0,046	0,046	1,967	0,150	6,050	0,003
	0,013	1,287	1,0	0,006	0,006	1,967	0,150	6,006	0,003
	0,000	1,300	0,0	0,000	0,000	1,967	0,150	6,000	0,000

Tabla V1/C4-T18: Tabla de capacidades para tanque de sentinas  
Fuente: elaboración propia

### 3.2.14.- Tanques de combustible de servicio diario. babor y estribor

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque S.D. Br	1,667	0,000	100,0	1,000	0,840	1,798	-0,250	5,167	0,010
	1,634	0,033	98,0	0,980	0,823	1,798	-0,250	5,150	0,010
	1,632	0,035	97,9	0,979	0,823	1,798	-0,250	5,149	0,010
	1,600	0,067	96,0	0,960	0,806	1,798	-0,250	5,133	0,010
	1,500	0,167	90,0	0,900	0,756	1,798	-0,250	5,083	0,010
	1,400	0,267	84,0	0,840	0,706	1,798	-0,250	5,033	0,010
	1,300	0,367	78,0	0,780	0,655	1,798	-0,250	4,983	0,010
	1,200	0,467	72,0	0,720	0,605	1,798	-0,250	4,933	0,010
	1,100	0,567	66,0	0,660	0,554	1,798	-0,250	4,883	0,010
	1,000	0,667	60,0	0,600	0,504	1,798	-0,250	4,833	0,010
	0,900	0,767	54,0	0,540	0,454	1,798	-0,250	4,783	0,010
	0,800	0,867	48,0	0,480	0,403	1,798	-0,250	4,733	0,010
	0,700	0,967	42,0	0,420	0,353	1,798	-0,250	4,683	0,010
	0,600	1,067	36,0	0,360	0,302	1,798	-0,250	4,633	0,010
	0,500	1,167	30,0	0,300	0,252	1,798	-0,250	4,583	0,010
	0,400	1,267	24,0	0,240	0,202	1,798	-0,250	4,533	0,010
	0,300	1,367	18,0	0,180	0,151	1,798	-0,250	4,483	0,010
	0,200	1,467	12,0	0,120	0,101	1,798	-0,250	4,433	0,010
	0,100	1,567	6,0	0,060	0,050	1,798	-0,250	4,383	0,010
	0,017	1,650	1,0	0,010	0,008	1,798	-0,250	4,341	0,010
	0,000	1,667	0,0	0,000	0,000	1,798	-0,250	4,333	0,000

Tabla V1/C4-T19: Tabla de capacidades para tanques GO servicio diario Br y ER  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez





### 3.2.15.- Tanque de aguas negras

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m <sup>3</sup>	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque ag. negras	1,000	0,000	100,0	0,300	0,300	4,150	0,000	1,800	0,009
	0,980	0,020	98,0	0,294	0,294	4,150	0,000	1,790	0,009
	0,979	0,021	97,9	0,294	0,294	4,150	0,000	1,789	0,009
	0,950	0,050	95,0	0,285	0,285	4,150	0,000	1,775	0,009
	0,900	0,100	90,0	0,270	0,270	4,150	0,000	1,750	0,009
	0,850	0,150	85,0	0,255	0,255	4,150	0,000	1,725	0,009
	0,800	0,200	80,0	0,240	0,240	4,150	0,000	1,700	0,009
	0,750	0,250	75,0	0,225	0,225	4,150	0,000	1,675	0,009
	0,700	0,300	70,0	0,210	0,210	4,150	0,000	1,650	0,009
	0,650	0,350	65,0	0,195	0,195	4,150	0,000	1,625	0,009
	0,600	0,400	60,0	0,180	0,180	4,150	0,000	1,600	0,009
	0,550	0,450	55,0	0,165	0,165	4,150	0,000	1,575	0,009
	0,500	0,500	50,0	0,150	0,150	4,150	0,000	1,550	0,009
	0,450	0,550	45,0	0,135	0,135	4,150	0,000	1,525	0,009
	0,400	0,600	40,0	0,120	0,120	4,150	0,000	1,500	0,009
	0,350	0,650	35,0	0,105	0,105	4,150	0,000	1,475	0,009
	0,300	0,700	30,0	0,090	0,090	4,150	0,000	1,450	0,009
	0,250	0,750	25,0	0,075	0,075	4,150	0,000	1,425	0,009
	0,200	0,800	20,0	0,060	0,060	4,150	0,000	1,400	0,009
	0,150	0,850	15,0	0,045	0,045	4,150	0,000	1,375	0,009
	0,100	0,900	10,0	0,030	0,030	4,150	0,000	1,350	0,009
	0,050	0,950	5,0	0,015	0,015	4,150	0,000	1,325	0,009
	0,010	0,990	1,0	0,003	0,003	4,150	0,000	1,305	0,009
	0,000	1,000	0,0	0,000	0,000	4,150	0,000	1,300	0,000

Tabla V1/C4-T20: Tabla de capacidades para tanque de aguas negras  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



#### 4.- TABLAS Y GRÁFICAS DE BRAZOS DE ADRIZAMIENTO KN

Los cálculos correspondientes para la obtención de las curvas se han efectuado con el programa de arquitectura naval Maxsurf, los brazos de adrizamiento se obtienen con la ayuda del software de arquitectura naval HydromaxPro.

Seguidamente se presentan los brazos de adrizamiento (KN) en función del desplazamiento para distintos ángulos de escora:

5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, 90°.

Así mismo éstos se calcularán para diversos trimados:

-0,5, 0, 1, 0,5 y 1 metros.

Con estas curvas se puede calcular el brazo adrizante en cualquier cualquier desplazamiento intermedio, para toda posición vertical del centro de gravedad mediante la ecuación:

$$GZ = KN - KG \cdot \sin\theta$$

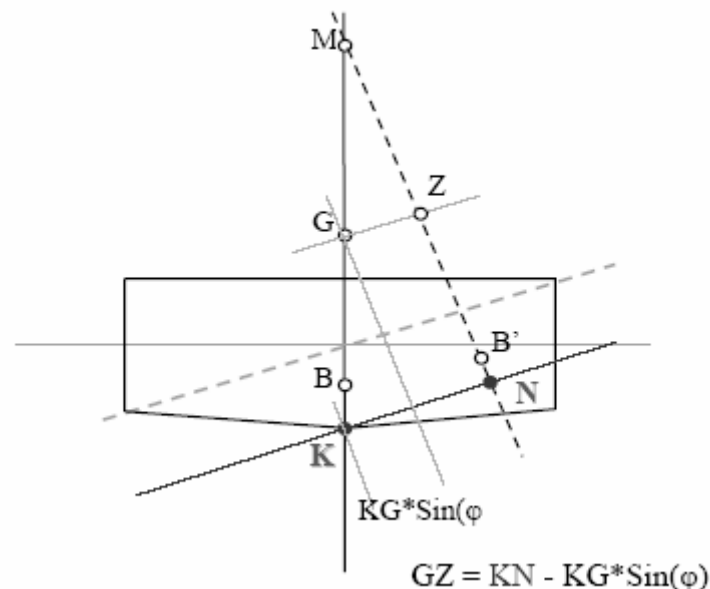


Figura VI/C4-F7: Brazo adrizante  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 4.1.- TABLA Y CURVAS KN PARA ASIENTO -0,5 m

Displacement tonne	LCG m	KN 0,0 deg.	KN 5,0 deg. Starb.	KN 10,0 deg. Starb.	KN 15,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.	KN 25,0 deg. Starb.	KN 30,0 deg. Starb.	KN 40,0 deg. Starb.	KN 50,0 deg. Starb.	KN 60,0 deg. Starb.
400,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,494	0,993	1,491	1,922	2,261	2,537	2,961	3,274	3,482
425,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,474	0,952	1,435	1,870	2,218	2,503	2,948	3,283	3,492
450,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,456	0,917	1,384	1,821	2,178	2,472	2,936	3,292	3,500
475,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,440	0,885	1,338	1,775	2,140	2,443	2,924	3,298	3,504
500,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,426	0,858	1,298	1,731	2,104	2,415	2,914	3,302	3,507
525,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,414	0,833	1,261	1,690	2,070	2,389	2,904	3,305	3,507
550,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,404	0,812	1,229	1,652	2,038	2,364	2,895	3,305	3,505
575,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,394	0,793	1,200	1,617	2,007	2,341	2,887	3,303	3,502
600,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,386	0,776	1,175	1,585	1,978	2,319	2,880	3,300	3,498
625,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,378	0,761	1,152	1,555	1,950	2,298	2,873	3,295	3,492
650,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,371	0,747	1,131	1,528	1,924	2,278	2,867	3,289	3,486
675,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,366	0,735	1,113	1,504	1,899	2,259	2,861	3,282	3,478
700,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,360	0,725	1,097	1,482	1,876	2,241	2,855	3,274	3,470
725,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,356	0,715	1,083	1,463	1,854	2,224	2,848	3,266	3,461
750,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,352	0,707	1,070	1,445	1,833	2,207	2,842	3,256	3,451
775,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,348	0,700	1,059	1,430	1,815	2,192	2,834	3,246	3,441
800,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,345	0,693	1,049	1,416	1,798	2,177	2,826	3,236	3,431
825,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,342	0,688	1,040	1,404	1,782	2,163	2,817	3,224	3,420
850,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,340	0,683	1,032	1,393	1,768	2,150	2,808	3,213	3,409
875,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,338	0,678	1,026	1,383	1,755	2,137	2,798	3,201	3,397
900,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,336	0,675	1,020	1,375	1,744	2,125	2,787	3,188	3,386
925,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,334	0,672	1,015	1,367	1,734	2,114	2,776	3,176	3,374
950,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,333	0,669	1,011	1,361	1,725	2,104	2,764	3,163	3,362
975,0	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,332	0,667	1,007	1,356	1,717	2,095	2,752	3,149	3,350
1000	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,331	0,665	1,004	1,351	1,711	2,087	2,740	3,136	3,338
1025	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,331	0,664	1,002	1,347	1,705	2,079	2,727	3,122	3,325
1050	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,330	0,663	1,000	1,344	1,700	2,072	2,714	3,108	3,313
1075	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,330	0,662	0,999	1,342	1,696	2,065	2,700	3,093	3,300
1100	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,330	0,662	0,998	1,340	1,693	2,059	2,686	3,079	3,288
1125	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,330	0,662	0,997	1,339	1,691	2,052	2,671	3,064	3,275
1150	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,330	0,662	0,997	1,338	1,689	2,046	2,657	3,049	3,262
1175	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,331	0,662	0,997	1,337	1,688	2,039	2,642	3,034	3,249
1200	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,331	0,663	0,997	1,337	1,687	2,033	2,627	3,019	3,236
1225	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,331	0,663	0,998	1,338	1,686	2,027	2,611	3,003	3,223
1250	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,332	0,664	0,999	1,339	1,686	2,020	2,596	2,988	3,210
1275	Fixed trim (-0,5 m)	0,000	0,332	0,665	1,000	1,340	1,685	2,014	2,580	2,972	3,197

Tabla V1/C4-T21: Tabla de curvas KN para asiento -0,5 m  
Fuente: elaboración propia

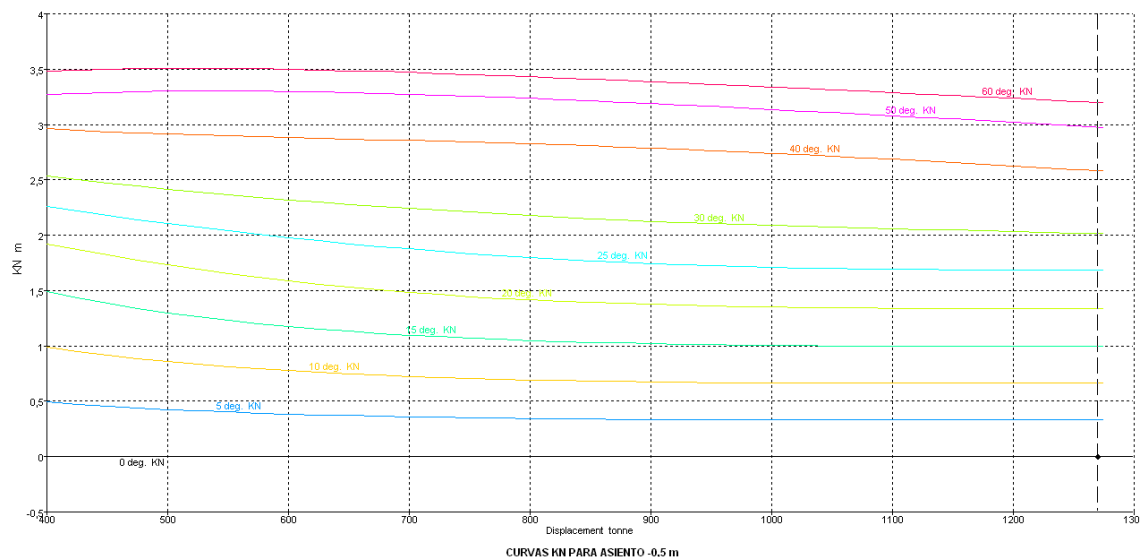


Figura V1/C4-F8: Curvas KN para asiento -0,5 m

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval



Fuente: elaboración propia

### 4.2.- TABLA Y CURVAS KN PARA ASIENTO 0 m

Displacement tonne	LCG m	KH 0,0 deg.	KH 5,0 deg. Starb.	KH 10,0 deg. Starb.	KH 15,0 deg. Starb.	KH 20,0 deg. Starb.	KH 25,0 deg. Starb.	KH 30,0 deg. Starb.	KH 40,0 deg. Starb.	KH 50,0 deg. Starb.	KH 60,0 deg. Starb.
400,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,494	0,993	1,491	1,925	2,266	2,543	2,970	3,287	3,495
425,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,474	0,953	1,435	1,873	2,223	2,510	2,957	3,297	3,505
450,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,456	0,917	1,385	1,824	2,184	2,479	2,945	3,305	3,512
475,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,441	0,886	1,340	1,779	2,146	2,450	2,934	3,312	3,516
500,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,427	0,859	1,300	1,735	2,110	2,423	2,924	3,315	3,517
525,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,415	0,835	1,264	1,695	2,077	2,397	2,915	3,317	3,517
550,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,405	0,814	1,232	1,657	2,045	2,373	2,906	3,316	3,515
575,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,395	0,795	1,204	1,622	2,015	2,350	2,898	3,314	3,511
600,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,387	0,778	1,179	1,590	1,986	2,326	2,891	3,310	3,506
625,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,379	0,763	1,156	1,561	1,958	2,308	2,884	3,305	3,500
650,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,373	0,750	1,136	1,535	1,933	2,288	2,878	3,298	3,493
675,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,367	0,738	1,118	1,511	1,908	2,269	2,872	3,291	3,485
700,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,362	0,728	1,102	1,490	1,885	2,251	2,866	3,283	3,476
725,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,357	0,719	1,088	1,470	1,863	2,234	2,860	3,274	3,466
750,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,353	0,711	1,076	1,453	1,843	2,218	2,853	3,264	3,456
775,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,350	0,703	1,065	1,438	1,825	2,203	2,845	3,254	3,445
800,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,347	0,697	1,055	1,424	1,807	2,188	2,837	3,243	3,435
825,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,344	0,692	1,046	1,412	1,792	2,174	2,828	3,231	3,423
850,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,342	0,687	1,039	1,401	1,778	2,161	2,818	3,219	3,412
875,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,340	0,683	1,032	1,391	1,765	2,148	2,808	3,207	3,400
900,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,338	0,679	1,026	1,383	1,754	2,136	2,797	3,194	3,388
925,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,337	0,676	1,021	1,376	1,743	2,125	2,785	3,181	3,376
950,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,335	0,673	1,017	1,369	1,734	2,115	2,773	3,168	3,364
975,0	Fixed trim (0 m)	0,000	0,334	0,671	1,013	1,364	1,727	2,106	2,761	3,154	3,352
1000	Fixed trim (0 m)	0,000	0,334	0,670	1,010	1,359	1,720	2,097	2,748	3,140	3,340
1025	Fixed trim (0 m)	0,000	0,333	0,668	1,008	1,355	1,714	2,089	2,735	3,126	3,327
1050	Fixed trim (0 m)	0,000	0,333	0,667	1,006	1,352	1,709	2,082	2,721	3,112	3,315
1075	Fixed trim (0 m)	0,000	0,332	0,666	1,004	1,349	1,705	2,075	2,707	3,097	3,302
1100	Fixed trim (0 m)	0,000	0,332	0,666	1,003	1,347	1,701	2,068	2,692	3,082	3,289
1125	Fixed trim (0 m)	0,000	0,332	0,665	1,002	1,345	1,698	2,061	2,678	3,067	3,276
1150	Fixed trim (0 m)	0,000	0,332	0,665	1,002	1,344	1,696	2,054	2,663	3,052	3,263
1175	Fixed trim (0 m)	0,000	0,332	0,665	1,002	1,343	1,695	2,047	2,647	3,037	3,250
1200	Fixed trim (0 m)	0,000	0,332	0,666	1,002	1,343	1,694	2,040	2,632	3,021	3,237
1225	Fixed trim (0 m)	0,000	0,332	0,666	1,002	1,343	1,693	2,034	2,616	3,006	3,224
1250	Fixed trim (0 m)	0,000	0,333	0,666	1,003	1,344	1,692	2,027	2,600	2,990	3,211
1275	Fixed trim (0 m)	0,000	0,333	0,667	1,004	1,344	1,691	2,020	2,584	2,974	3,197

Tabla V1/C4-T22: Tabla de curvas KN para asiento 0 m

Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval

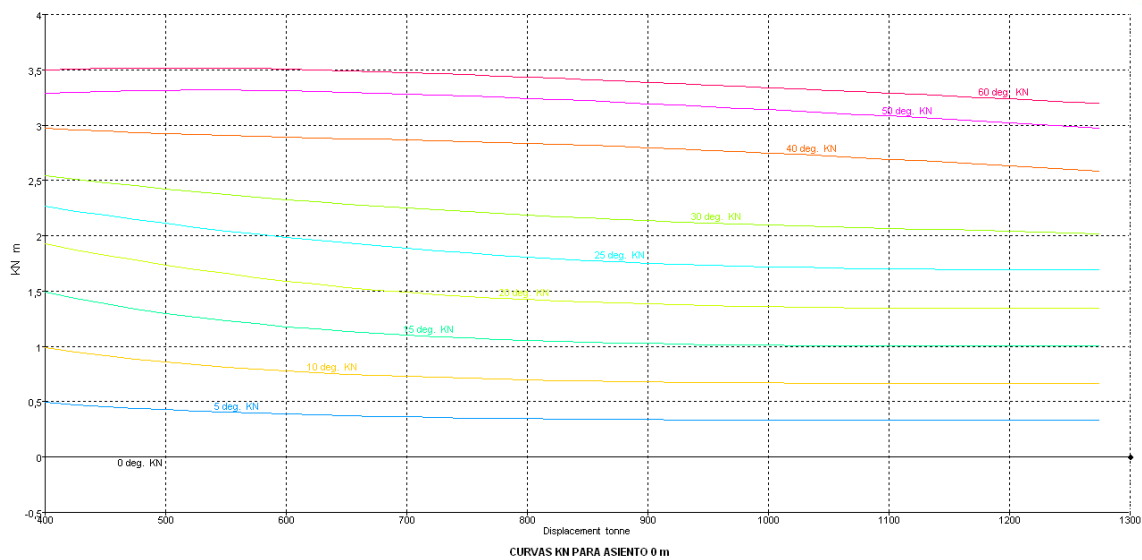


Figura V1/C4-F9: Curvas KN para asiento 0 m  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

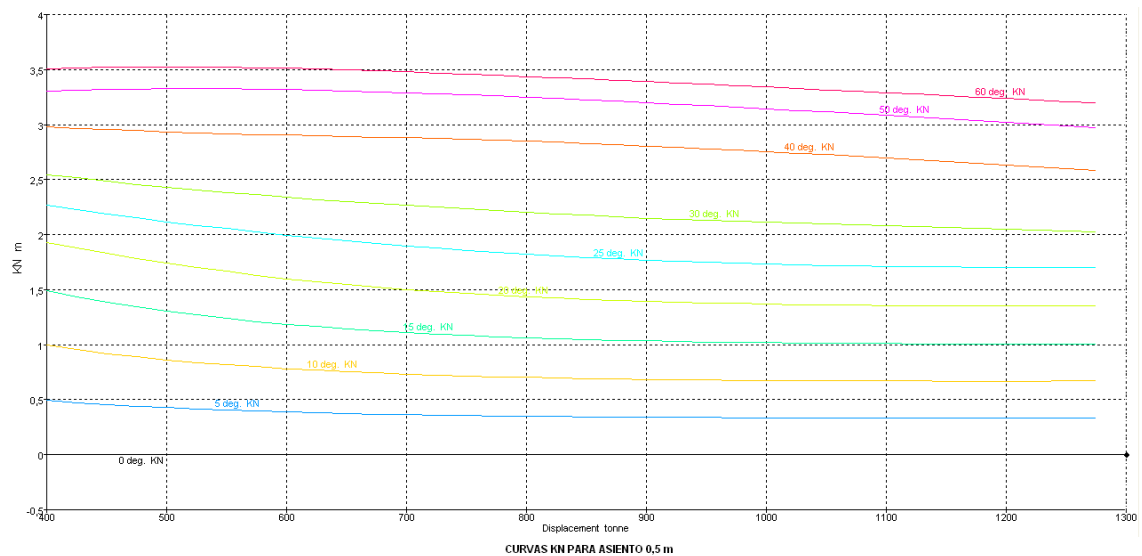
D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 4.3.- TABLA Y CURVAS KN PARA ASIENTO 0,5 m

Displacement tonne	LCG m	KN 0,0 deg.	KN 5,0 deg. Starb.	KN 10,0 deg. Starb.	KN 15,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.	KN 25,0 deg. Starb.	KN 30,0 deg. Starb.	KN 40,0 deg. Starb.	KN 50,0 deg. Starb.	KN 60,0 deg. Starb.
400,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,495	0,995	1,493	1,926	2,268	2,547	2,977	3,300	3,506
425,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,475	0,955	1,438	1,876	2,227	2,515	2,966	3,310	3,515
450,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,458	0,920	1,389	1,828	2,189	2,486	2,955	3,317	3,521
475,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,442	0,890	1,345	1,783	2,152	2,458	2,944	3,323	3,524
500,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,429	0,863	1,306	1,741	2,118	2,432	2,935	3,326	3,525
525,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,417	0,839	1,270	1,702	2,085	2,407	2,926	3,327	3,524
550,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,407	0,818	1,239	1,665	2,054	2,384	2,918	3,325	3,521
575,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,397	0,799	1,211	1,631	2,024	2,361	2,911	3,323	3,517
600,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,389	0,783	1,186	1,600	1,996	2,340	2,904	3,318	3,511
625,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,382	0,768	1,163	1,571	1,970	2,320	2,898	3,313	3,505
650,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,375	0,755	1,144	1,545	1,944	2,301	2,892	3,306	3,497
675,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,370	0,743	1,126	1,522	1,920	2,282	2,886	3,298	3,488
700,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,365	0,733	1,110	1,501	1,897	2,265	2,880	3,290	3,479
725,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,360	0,724	1,096	1,481	1,876	2,248	2,873	3,280	3,469
750,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,356	0,716	1,084	1,464	1,856	2,232	2,866	3,270	3,459
775,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,353	0,709	1,073	1,449	1,838	2,217	2,857	3,260	3,448
800,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,350	0,703	1,063	1,435	1,821	2,202	2,848	3,249	3,437
825,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,347	0,697	1,055	1,423	1,805	2,188	2,839	3,237	3,426
850,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,345	0,693	1,047	1,412	1,791	2,175	2,828	3,225	3,414
875,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,343	0,689	1,041	1,403	1,778	2,162	2,818	3,212	3,402
900,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,341	0,685	1,035	1,394	1,767	2,150	2,806	3,199	3,390
925,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,340	0,682	1,030	1,386	1,756	2,139	2,794	3,186	3,378
950,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,338	0,679	1,025	1,380	1,747	2,129	2,782	3,172	3,366
975,0	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,337	0,677	1,022	1,374	1,739	2,120	2,769	3,158	3,353
1000	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,337	0,675	1,018	1,369	1,732	2,111	2,755	3,144	3,341
1025	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,336	0,674	1,015	1,365	1,726	2,102	2,741	3,129	3,328
1050	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,335	0,672	1,013	1,361	1,720	2,094	2,727	3,115	3,316
1075	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,335	0,671	1,011	1,358	1,716	2,086	2,713	3,100	3,303
1100	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,334	0,670	1,010	1,355	1,712	2,079	2,698	3,084	3,290
1125	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,334	0,670	1,009	1,353	1,709	2,071	2,683	3,069	3,277
1150	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,334	0,669	1,008	1,352	1,706	2,063	2,667	3,054	3,263
1175	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,334	0,669	1,007	1,351	1,704	2,056	2,651	3,038	3,250
1200	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,334	0,669	1,007	1,350	1,703	2,048	2,635	3,022	3,237
1225	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,334	0,669	1,007	1,350	1,701	2,040	2,619	3,006	3,223
1250	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,334	0,670	1,008	1,350	1,700	2,033	2,602	2,990	3,210
1275	Fixed trim (0,5 m)	0,000	0,335	0,670	1,008	1,351	1,698	2,025	2,586	2,974	3,196

Tabla V1/C4-T23: Tabla de curvas KN para asiento 0,5 m  
Fuente: elaboración propia



TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Cálculos de Arquitectura Naval***



Figura V1/C4-F10: Curvas KN para asiento 0,5 m  
Fuente: elaboración propia

*TUTOR:*  
*ALUMNO:*

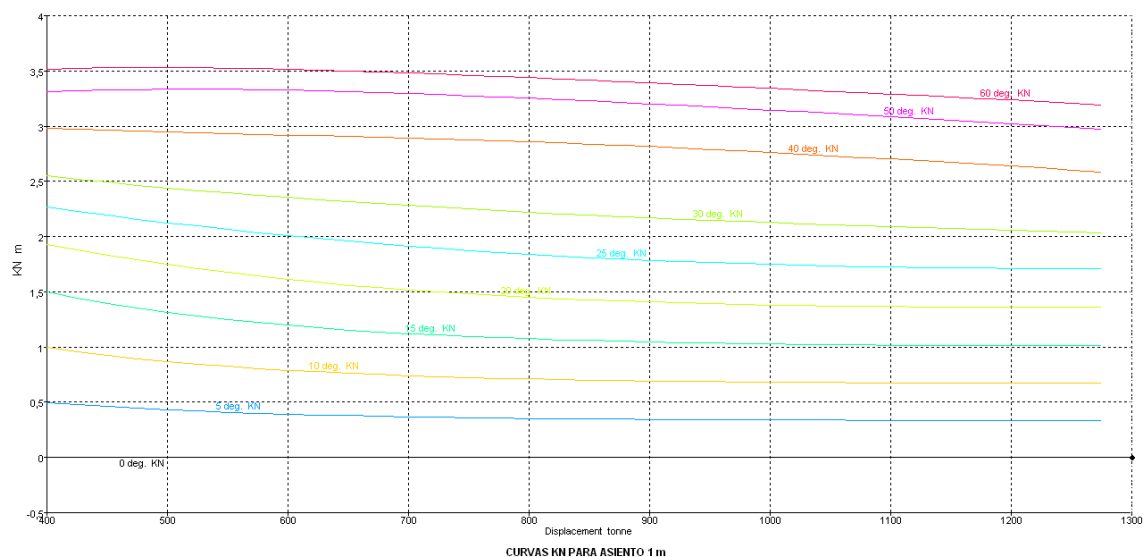
*D. Germán Romero*  
*Francisco J. Arrazola Méndez*



### 4.4.- TABLA Y CURVAS KN PARA ASIENTO 1,0 m

Displacement tonne	LCG m	KN 0,0 deg.	KN 5,0 deg. Starb.	KN 10,0 deg. Starb.	KN 15,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.	KN 25,0 deg. Starb.	KN 30,0 deg. Starb.	KN 40,0 deg. Starb.	KN 50,0 deg. Starb.	KN 60,0 deg. Starb.
400,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,497	0,999	1,495	1,926	2,269	2,549	2,984	3,312	3,515
425,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,477	0,960	1,443	1,878	2,230	2,520	2,973	3,321	3,523
450,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,460	0,925	1,395	1,832	2,194	2,492	2,964	3,327	3,528
475,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,445	0,895	1,352	1,789	2,159	2,466	2,955	3,331	3,530
500,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,432	0,868	1,314	1,749	2,126	2,441	2,946	3,334	3,530
525,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,420	0,845	1,279	1,711	2,094	2,418	2,939	3,334	3,528
550,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,410	0,824	1,248	1,676	2,064	2,395	2,932	3,333	3,524
575,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,400	0,806	1,221	1,643	2,036	2,374	2,925	3,329	3,519
600,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,392	0,789	1,196	1,613	2,009	2,353	2,919	3,325	3,513
625,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,385	0,775	1,174	1,585	1,983	2,334	2,913	3,319	3,506
650,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,379	0,762	1,155	1,559	1,959	2,315	2,907	3,312	3,498
675,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,373	0,751	1,137	1,536	1,935	2,297	2,901	3,304	3,490
700,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,368	0,740	1,122	1,515	1,913	2,280	2,894	3,295	3,480
725,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,364	0,731	1,108	1,496	1,892	2,264	2,886	3,286	3,471
750,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,360	0,724	1,095	1,479	1,873	2,248	2,878	3,275	3,460
775,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,356	0,717	1,084	1,464	1,855	2,233	2,869	3,264	3,450
800,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,353	0,710	1,075	1,450	1,838	2,219	2,860	3,253	3,438
825,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,351	0,705	1,066	1,437	1,822	2,205	2,849	3,241	3,427
850,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,349	0,700	1,058	1,426	1,808	2,192	2,838	3,229	3,415
875,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,347	0,696	1,051	1,416	1,795	2,179	2,827	3,216	3,403
900,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,345	0,692	1,045	1,407	1,783	2,168	2,815	3,202	3,391
925,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,343	0,689	1,040	1,400	1,772	2,157	2,802	3,189	3,379
950,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,342	0,686	1,035	1,393	1,763	2,146	2,789	3,175	3,367
975,0	Fixed trim (1 m)	0,000	0,341	0,683	1,031	1,386	1,754	2,136	2,775	3,161	3,354
1000	Fixed trim (1 m)	0,000	0,340	0,681	1,027	1,381	1,747	2,127	2,761	3,146	3,341
1025	Fixed trim (1 m)	0,000	0,339	0,679	1,024	1,376	1,740	2,117	2,747	3,131	3,328
1050	Fixed trim (1 m)	0,000	0,338	0,678	1,021	1,372	1,734	2,108	2,732	3,116	3,315
1075	Fixed trim (1 m)	0,000	0,337	0,676	1,019	1,369	1,729	2,099	2,717	3,101	3,302
1100	Fixed trim (1 m)	0,000	0,337	0,675	1,017	1,366	1,725	2,090	2,702	3,085	3,289
1125	Fixed trim (1 m)	0,000	0,337	0,675	1,016	1,363	1,721	2,081	2,686	3,070	3,276
1150	Fixed trim (1 m)	0,000	0,336	0,674	1,015	1,362	1,718	2,073	2,670	3,054	3,262
1175	Fixed trim (1 m)	0,000	0,336	0,674	1,014	1,360	1,716	2,064	2,654	3,038	3,249
1200	Fixed trim (1 m)	0,000	0,336	0,673	1,014	1,359	1,713	2,055	2,637	3,022	3,235
1225	Fixed trim (1 m)	0,000	0,336	0,673	1,013	1,359	1,711	2,047	2,620	3,005	3,222
1250	Fixed trim (1 m)	0,000	0,336	0,674	1,014	1,359	1,708	2,038	2,603	2,989	3,208
1275	Fixed trim (1 m)	0,000	0,336	0,674	1,014	1,359	1,706	2,030	2,586	2,972	3,194

Tabla V1/C4-T24: Tabla de curvas KN para asiento 1 m  
Fuente: elaboración propia



TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Cálculos de Arquitectura Naval***



***TUTOR:***  
***ALUMNO:***

***D. Germán Romero***  
***Francisco J. Arrazola Méndez***



### 4.5.- TABLA Y CURVAS KN PARA ASIENTO 1,5 m

Displacement tonne	LCG m	KN 0,0 deg.	KN 5,0 deg. Starb.	KN 10,0 deg. Starb.	KN 15,0 deg. Starb.	KN 20,0 deg. Starb.	KN 25,0 deg. Starb.	KN 30,0 deg. Starb.	KN 40,0 deg. Starb.	KN 50,0 deg. Starb.	KN 60,0 deg. Starb.
400,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,500	1,004	1,498	1,924	2,268	2,551	2,989	3,323	3,521
425,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,481	0,966	1,448	1,879	2,232	2,524	2,980	3,330	3,528
450,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,464	0,932	1,403	1,836	2,198	2,498	2,972	3,335	3,531
475,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,449	0,902	1,362	1,796	2,165	2,474	2,965	3,338	3,532
500,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,436	0,876	1,325	1,758	2,134	2,451	2,958	3,340	3,531
525,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,424	0,853	1,291	1,723	2,104	2,428	2,952	3,339	3,529
550,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,414	0,832	1,261	1,689	2,076	2,407	2,946	3,337	3,524
575,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,405	0,814	1,234	1,658	2,049	2,387	2,940	3,334	3,519
600,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,397	0,798	1,210	1,628	2,023	2,368	2,934	3,329	3,513
625,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,389	0,784	1,188	1,601	1,998	2,349	2,928	3,323	3,505
650,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,383	0,771	1,169	1,577	1,975	2,331	2,922	3,316	3,497
675,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,378	0,760	1,151	1,554	1,952	2,314	2,915	3,308	3,489
700,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,373	0,750	1,136	1,533	1,931	2,298	2,907	3,299	3,480
725,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,368	0,741	1,122	1,514	1,911	2,282	2,899	3,289	3,470
750,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,365	0,733	1,109	1,497	1,892	2,266	2,890	3,279	3,460
775,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,361	0,726	1,098	1,481	1,874	2,252	2,880	3,268	3,449
800,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,358	0,720	1,088	1,467	1,857	2,238	2,870	3,256	3,438
825,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,355	0,714	1,079	1,454	1,841	2,224	2,858	3,244	3,427
850,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,353	0,709	1,071	1,443	1,827	2,211	2,847	3,231	3,415
875,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,351	0,704	1,063	1,432	1,814	2,199	2,835	3,218	3,403
900,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,349	0,700	1,057	1,423	1,802	2,187	2,822	3,204	3,391
925,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,347	0,696	1,051	1,414	1,791	2,176	2,809	3,190	3,379
950,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,345	0,693	1,046	1,407	1,781	2,165	2,795	3,176	3,366
975,0	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,344	0,690	1,041	1,400	1,772	2,154	2,781	3,162	3,353
1000	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,343	0,688	1,037	1,395	1,764	2,143	2,766	3,147	3,340
1025	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,342	0,686	1,034	1,389	1,757	2,133	2,751	3,132	3,327
1050	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,341	0,684	1,031	1,385	1,750	2,122	2,735	3,116	3,314
1075	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,340	0,682	1,028	1,381	1,745	2,112	2,720	3,101	3,301
1100	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,340	0,681	1,026	1,378	1,740	2,102	2,704	3,085	3,287
1125	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,339	0,680	1,024	1,375	1,736	2,092	2,687	3,069	3,274
1150	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,339	0,679	1,023	1,373	1,732	2,082	2,671	3,053	3,260
1175	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,339	0,679	1,022	1,371	1,728	2,072	2,654	3,036	3,247
1200	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,339	0,678	1,021	1,370	1,724	2,062	2,637	3,020	3,233
1225	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,339	0,678	1,021	1,369	1,720	2,053	2,620	3,003	3,219
1250	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,339	0,678	1,021	1,369	1,716	2,043	2,603	2,986	3,205
1275	Fixed trim (1,5 m)	0,000	0,339	0,678	1,021	1,369	1,712	2,033	2,585	2,969	3,191

Tabla V1/C4-T25: Tabla de curvas KN para asiento 1,5 m  
Fuente: elaboración propia

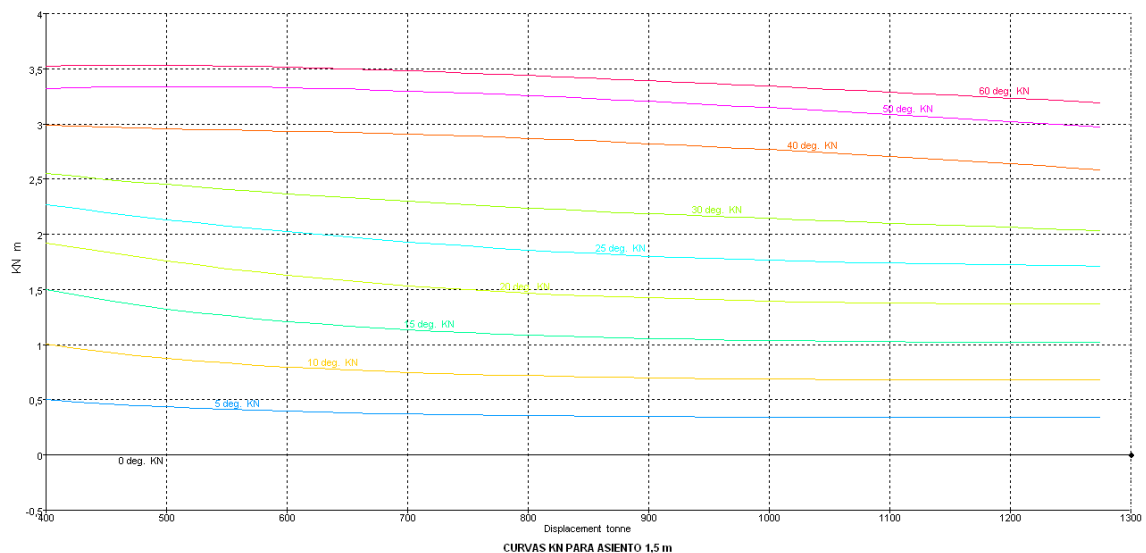


Figura V1/C4-F12: Curvas KN para asiento 1,5 m  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



## 5.- CONCLUSIONES SOBRE LA ESTABILIDAD DEL BUQUE

Aunque se han presentado las condiciones de carga más frecuentes, se ha efectuado un estudio de diferentes supuestos de carga y condición de consumibles y en todos los casos el cálculo de la estabilidad ha superado satisfactoriamente todos los requisitos exigidos por la IMO según MSC A 749 (18) cuyos criterios están aceptados por la administración española.

Por tanto se puede concluir que el diseño del buque cumple satisfactoriamente para todas sus condiciones de carga con los criterios de estabilidad exigidos y por tanto su explotación puede considerarse viable.

## 6.- FRANCOBORDO

La asignación del francobordo se efectuará siguiendo la normativa de aplicación que es el “Convenio Internacional de Líneas de Carga 66/88 (2005)”.

Según la regla 3(8) del Anexo I del Convenio ILLC, se denomina francobordo asignado como *“la distancia medida verticalmente hacia abajo, en el centro del buque, desde el canto alto de la línea de cubierta hasta el canto alto de la línea de carga correspondiente.”*

Obviamente a la cubierta a la que se refiere la definición es la cubierta de francobordo.

La regla 3.(9) del Anexo I del Convenio ILLC define la cubierta de francobordo: *“será normalmente la cubierta completa más alta expuesta a la intemperie y a la mar, dotada de medios permanentes de cierre en todas las aberturas en la parte expuesta de la misma y bajo la cual todas las aberturas en los costados del buque están dotadas de medios permanentes de cierre estanco”*.

Por tanto se trata de asignar al buque el valor del francobordo para las diferentes condiciones de carga para las que se ha diseñado. Puesto que el espíritu del Convenio es garantizar la seguridad del buque, la carga y la tripulación, el cálculo se refiere a la asignación de los francobordos mínimos. Dicho de otra manera, permite fijar el valor del calado máximo del buque en cada situación de carga y por tanto la carga máxima que puede aceptar en cada una de estas condiciones sin menoscabo principalmente de la estabilidad y de la integridad estructural.

Conocidos el francobordo mínimo asignado y la altura mínima de la proa sobre la mar seguidamente se asignarán los restantes francobordos correspondientes a cada una de las líneas de carga del buque: francobordo tropical, francobordo de invierno, francobordo para el Atlántico Norte invierno y francobordo de agua dulce.



## 6.1.- Cálculo del francobordo mínimo

Se asignará en primer lugar el francobordo de verano o francobordo mínimo, denominado generalmente francobordo. Este se obtendrá a partir del valor del francobordo tabular obtenido por medio de la tabla 28.2 incluida la regla 28 del Convenio y corregido según las regla 27, y en la medida en que sea aplicables las reglas 29, 30, 31, 32, 37, 38 y si hay lugar para ello la regla 39.

### 6.1.1.- Francobordo tabular

Según la Regla 27 el Buque Proyecto es un buque de tipo B,

Según la regla 27 (6) el francobordo tabular de los buques del tipo B se obtendrá de la tabla 28.2 del Convenio incrementado en el valor correspondiente de la tabla 27.1

En la tabla 28.2 se entra con la “eslora de francobordo”, por tanto será necesario calcularla para poder establecer el francobordo tabular. Se define de la siguiente manera:

- Eslora de francobordo: según la Regla 3.1 se tomará la mayor de las dos dimensiones medidas según:

- Lfb1: 96% de eslora total al 85% del puntal: 50,549 m

Eslora total al 85% del puntal:  $(0.85 * 5.5 = 4.675 \text{ m}) = 52,655 \text{ m}$

$$\underline{\text{Lfb1}} = 0,96 * 52,665 \text{ m} = \underline{50,5584 \text{ m}}$$

- Lfb2: Eslora entre cara exterior roda y eje mecha timón: 50,650 m

$$\underline{\text{Lfb2}} = \underline{50,650 \text{ m}}$$

Por tanto se tomará como eslora de francobordo  $\text{Lfb} = 50,650 \text{ m}$

Según la tabla 28.2:

<b>ESLORA (m)</b>	<b>FRANCOBORDO TABULAR (mm)</b>
50	443
51	455

Tabla V1/C4-T26: Francobordo tabular  
Fuente: Convenio ILLC



Interpolando linealmente para  $L_{fb} = 50,650$  m se obtiene:

$$\text{Francobordo tabular} = 450,8 \text{ mm}$$

Aplicando el incremento que impone la Regla 27 según la tabla 27.1 al tratarse de un buque de eslora inferior a 108 m el francobordo tabular se aumentará en 50 mm.

Por tanto el valor del francobordo obtenido de las tablas previamente a la aplicación de las correcciones correspondientes es de:

$$F_b = 500,8 \text{ mm}$$

#### 6.1.2.- Regla 29, Corrección por eslora inferior a 100 m

Se aplicará la ecuación de la regla:

$$\Delta_{29} = 7,5 \cdot (100 - L) \cdot (0,35 - E_1/L)$$

Siendo:

L: eslora de francobordo

$E_1$ : longitud efectiva de la superestructura = 10m

Por tanto:

$$\Delta_{29} = 7,5 \cdot (100 - 50,65) \cdot (0,35 - 10/50,65) = 56,44 \text{ mm}$$

$$FB_{\text{corregido,R29}} = FB_{\text{tabular}} + \Delta_{29} = 500,8 + 56,44 = 557,24 \text{ mm}$$

#### 6.1.3.- Regla 30. Corrección por coeficiente bloque

Según la regla 30:

$$\Delta_{30} = (C_B + 0,68)/1,36 = (0,758 + 0,68)/1,36 = 1,0573$$

$$FB_{\text{corregido,R30}} = FB_{\text{corregido,R29}} \cdot \Delta_{30} = 557,24 \cdot 1,0573 = 589,16 \text{ mm}$$

#### 6.1.4.- Regla 31. Corrección por puntal

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval



Para el cálculo de la corrección por puntal es necesario establecer el “puntal de francobordo”.

Según la Regla 3.6, el puntal de francobordo “es el puntal de trazado en el centro del buque más el espesor de la plancha del trancanil”. Así pues:

Puntal de trazado = 5,5 m.

Espesor de la plancha del trancanil = 6 mm.

Por lo tanto el puntal de francobordo:

$$D_{\text{Francobordo}} = 5,506 \text{ m}$$

Según la Regla 31:

$$L/15 = 50,65 / 15 = 3,376 \text{ m} < D_{\text{Francobordo}} = 5,506 \text{ m}$$

Por tanto debe aplicarse la siguiente corrección:

$$\Delta_{31} = (D - L/15) \cdot R$$

donde  $R = L/48$

Por tanto:

$$\Delta_{31} = (5,506 - 50,65/15) \cdot 50,65/48 = 2,24 \text{ mm}$$

$$FB_{\text{corregido,R31}} = FB_{\text{corregido,R30}} + \Delta_{30} = 589,16 + 2,24 = 591,4 \text{ mm}$$

### 6.1.5.- Regla 32. Corrección por puntal

Considerando un espesor de la traca de quilla de 12 mm, el puntal real del buque fuera a fuera de forro es:

$$D_{\text{Real}} = 12 \text{ mm} + 5,5 \text{ m} + 6 \text{ mm} = 5.518 \text{ mm}$$

$$D_{\text{Francobordo}} = 5.506 \text{ mm}$$

$$\Delta_{32} = D_{\text{Real}} - D_{\text{Francobordo}} = 5.518 - 5.506 = 12 \text{ mm}$$

El francobordo resultante de esta corrección queda:

$$FB_{\text{corregido,R32}} = FB_{\text{corregido,R31}} + \Delta_{32} = 591,4 + 12 = 603,4 \text{ mm}$$

### 6.1.6.- Regla 37. Reducción por superestructuras y troncos

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



El buque proyecto carece de castillo por lo que no aplica reducción al francobordo por la Regla 37, por tanto

$$FB_{\text{corregido,R37}} = FB_{\text{corregido,R32}} = 603,4 \text{ mm}$$

#### 6.1.7.- Regla 38, Corrección por arrufo de la cubierta

Aplicando los criterios de la Regla 38, la corrección a aplicar resulta de los cálculos efectuados en las hojas Excel adjuntas.

FACTOR DE ESLORA = (L/3+10)	
L: Eslora de francobordo =	50,65 m
S: Longitud superestructuras =	10 m

CURVA DE ARRUFOS NORMAL					
ESTACION		ORDENADA			SUMAS
POSICIÓN		MULTIPLICADOR	FACTOR DE ESLORA	ORDENADA	
POPA	Perpendicular de popa	25	26,883	672,083	1.045,762
	1/6 L	11,1	26,883	298,405	
	1/3 L	2,8	26,883	75,273	
	Centro eslora	0	26,883	0,000	
PROA	Centro eslora	0	26,883	0,000	2.091,523
	1/3 L	5,6	26,883	150,547	
	1/6 L	22,2	26,883	596,810	
	Perpendicular de proa	50	26,883	1.344,167	

Tabla V1/C4-T27: Curva de arrufo normal  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



CURVA DE ARRUFO REAL				
	ORDENADAS (mm)	FACTOR DE ARRUFO	ARRUFO CORREGIDO	SUMAS
POPA	80	1	80	170,00
	30	3	90	
	0	3	0	
	0	1	0	
PROA	0	1	0	2.169,00
	133	3	399	
	380	3	1140	
	630	1	630	

Tabla V1/C4-T28: Curva de arrufo real  
Fuente: elaboración propia

CORRECCIÓN DEL FRANCOBORDO				
	DEFICIENCIA O EXCESO DE ARRUFO	DEFICIENCIA O EXCESO TOTAL DE ARRUFO DE LA CUBIERTA	FACTOR DE CORRECCIÓN DEL FRANCOBORDO REGLA 38(13)	INCREMENTO DEL FRANCOBORDO POR DIFERENCIA DE ARRUFO
POPA	-109,470	-49,893	0,651	32,494
PROA	9,685			

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez





Tabla V1/C4-T29: Corrección del francobordo  
Fuente: elaboración propia

El valor de la corrección a aplicar es  $\Delta_{38} = 32,494$  mm

Y el francobordo resultante de la aplicación de la corrección queda:

$$FB_{\text{corregido,R38}} = FB_{\text{corregido,R32}} + \Delta_{38} = 603,4 + 32,494 = 635,894 \text{ mm}$$

## 6.2.- Altura mínima de proa

El calculo de esta altura mínima se efectuará siguiendo la de la Regla 39 del convenio; que considera altura de mínima de proa sobre la superficie de la mar a la “*distancia vertical entre la flotación correspondiente al francobordo de verano y al asiento de proyecto y el canto alto en el costado de la cubierta expuesta*”. Esta distancia, según la misma regla “*no será inferior a*” los valores dados por la siguiente formula

$$F_b = [6.075 \cdot (L/100) - 1.875 \cdot (L/100)^2 + 200 \cdot (L/100)^3] \cdot [2,08 + 0,609C_b - 1,603C_{wf} - 0,0129 \cdot (L/d_1)]$$

Donde:

Fb                      Altura mínima calculada en mm

L                        Eslora del buque según la Regla 3 de ILLC

d<sub>1</sub>                      Calado reglamentario

B                        Manga de trazado según la Regla 3 de ILLC

C<sub>b</sub>                      Coeficiente bloque según la Regla 3 de ILLC (C<sub>b</sub> = 0,78)

C<sub>wf</sub>                    Coeficiente de la flotación a proa de L/2 para el calado d<sub>1</sub> y se definirá como:

$$C_{wf} = A_{wf} / \{(L/2) \cdot B\}$$

Siendo A<sub>wf</sub> el área de la flotación a proa de L/2 para el calado d<sub>1</sub>

Para el buque proyecto:

$$L = 50,65 \text{ m}; \quad d_1 = 4,689 \text{ m}; \quad B = 9,3 \text{ m}; \quad C_b = 0,78;$$

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval



Para el calado  $d_1 = 4,689$  m se obtiene con el auxilio del programa Maxurf un valor del área de la flotación correspondiente de  $A_{wf} = 197,603 \text{ m}^2$ , lo que supone  $C_{wf} = 0,839$

Resolviendo la ecuación propuesta por la Regla para  $F_b$  resulta:

$$F_b = [6.075 \cdot (50,65/100) - 1.875 \cdot (50,65/100)^2 + 200 \cdot (50,65/100)^3] \cdot [2,08 + 0,609 \cdot 0,758 - 1,603 \cdot 0,839 - 0,0129 \cdot (50,65/4,689)]$$

$$F_b = [3,076 - 481,016 + 25,987] \cdot [2,08 + 0,475 - 1,512 - 0,139] = 2.639,227 \text{ mm}$$

### 6.3.- Asignación de francobordos

Una vez calculados el francobordo mínimo y la altura mínima de la proa sobre la mar se procederá a asignar el francobordo mínimo definitivo o francobordo de verano, el cual definirá el calado de verano o calado máximo del buque; para seguidamente a partir de este dato asignar el resto de los francobordos mínimos a cada una de las líneas de carga del buque.

Para la asignación de francobordos mínimos se aplicará la Regla 40 correspondiente al Capítulo III del Anexo I del Convenio

#### 6.3.1.- Asignación de francobordo de verano

El francobordo mínimo resultante de la aplicación de las reglas es:

$$FB_{\text{mínimo}} = 635,894 \text{ mm}$$

Este valor del francobordo es incompatible con el francobordo que impone la exigencia de la altura mínima en proa sobre la mar.

Por tanto al ser más restrictiva la condición de altura mínima en proa se utilizara esta última para la asignación del francobordo mínimo. Esta condición exige una altura a la cubierta en la perpendicular de proa de:

$$F_b = 2.639,227 \text{ mm} \approx 2.640 \text{ mm}$$

Tal y como se ha visto en el cálculo del arrufo de la cubierta para el cálculo de la corrección por arrufo que impone la Regla 38, la altura de la cubierta en la perpendicular de proa es de 630 mm sobre la línea horizontal descrita por la cubierta principal en la perpendicular media, donde el valor en este punto es 0 mm.

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Cálculos de Arquitectura Naval***



Considerando esta altura fija, y descontándola de la altura mínima en proa y teneindo en cuenta que el espesor de la cubierta de francobordo son 7 mm resulta un francobordo de:

$$F_b = 2.640 - 7 - 630 = 2.003 \text{ mm}$$

Puesto que la diferencia con el francobordo mínimo resultante de la aplicación de las reglas es suficientemente grande se ajustara definitivamente el francobordo mínimo asignado a 2.000 mm. Así pues resulta como francobordo de verano:

$$F_{b \text{ de verano}} = 2.000 \text{ mm}$$

### **6.3.2.- Asignación de francobordo tropical**

Según la Regla 40 (3):

$$F_{b \text{ tropical}} = F_{\text{verano}} - (1/48) T_v$$

Siendo  $T_v$  el calado de verano, que a tenor del valor del francobordo de verano tiene un valor de 3,5 m.

$$F_{b \text{ tropical}} = 2.000 - 3.500/48 = 1.927,08 \text{ mm}$$

### **6.3.3.- Asignación de francobordo de invierno**

Según la Regla 40 (5):

$$F_{b \text{ invierno}} = F_{\text{verano}} + (1/48) T_v$$

$$F_{b \text{ invierno}} = 2.000 + 3.500/48 = 2.072,91 \text{ mm}$$

### **6.3.4.- Asignación de francobordo para el Atlántico Norte invierno**

Según la Regla 40 (6), en el caso de buques de eslora inferior a 100 m:

$$F_{b \text{ ANI}} = F_{\text{invierno}} + 50 \text{ mm}$$

$$F_{b \text{ ANI}} = 2.072,91 + 50 = 2.122,91 \text{ mm}$$

### **6.3.5.- Asignación de francobordo de agua dulce**

Según la Regla 40 (7):

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



$$F_{b \text{ agua dulce}} = F_{\text{verano}} - (\Delta/40T_c)$$

Siendo  $\Delta$  el desplazamiento en agua salada al calado de verano y  $T_c$  las toneladas por centímetro de inmersión para este calado.

Según los datos obtenidos de Maxurf,  $\Delta = 1.294 \text{ t}$  y  $T_c = 4,088 \text{ t/cm}$

Por tanto el factor  $(\Delta/40T_c)$  conocido como “*permiso de agua dulce*” resulta

$$P.A.D. = (\Delta/40T_c) = 1,294 / 40 \cdot 4,088 = 7,91 \text{ cm}$$

Y el francobordo mínimo para agua dulce resulta:

$$F_{b \text{ agua dulce}} = 2.000 - 79,1 = 1.920,86 \text{ mm}$$

## **7.- ARQUEO**

El cálculo del arque se efectúa siguiendo el convenio internacional de arque.

Siguiendo el convenio se calcularán tanto el arque bruto como el arque neto.

### **7.1.- Arqueo bruto**

Según la Regla 3 el tonelaje bruto o GT de un buque se calcula aplicando la formula:

$$GT = K_1 \cdot V$$

Siendo  $V$  el volumen total de todos los espacios cerrados del buque tanto sobre la cubierta de arque como bajo la misma y  $K_1$  un coeficiente cuya expresión es:

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V$$

El volumen total es la suma del bajo la cubierta de arque y el volumen sobre la cubierta de arque

Para el cálculo del volumen bajo la cubierta de arque se ha utilizado el programa MAXURF.

NOMBRE DEL ESPACIO	LOCALIZACIÓN	VOLUMEN
--------------------	--------------	---------

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Cálculos de Arquitectura Naval***



	ENTRE CUADERNAS	(m <sup>3</sup> )
VOLUMEN BAJO LA CUBIERTA DE ARQUEO	-5 a 90	2.197,609

Tabla V1/C4-T30: Volumen bajo la cubierta de arqueo  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



El volumen de los espacios cerrados sobre la cubierta de arqueo se ha hecho por estimación sobre plano

NOMBRE DEL ESPACIO	LOCALIZACIÓN ENTRE CUADERNAS	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
ESCOTILLA DE CARGA	21 a 73	214,2
TAPA DE ESCOTILLA	21 a 73	48,51
ACOMODACIÓN EN CUABIERTA DE TOLDILLA	-5 a 15	84,92
ACOMODACIÓN EN CUABIERTA DEL PUENTE	10 a 16	44,35
GUARDACALOR EN CUBIERTA DE TOLDILLA	3 a 10	12,25
CHIMENEA	5 a 10	6,2
	Volumen total sobre la cubierta de arqueo	410,43

Tabla V1/C4-T31: Volumen sobre la cubierta de arqueo  
Fuente: elaboración propia

Resulta como volumen total:

$$V = V_{\text{sobre cbta}} + V_{\text{bajo cbta}}$$

$$V = 2.197,609 + 410,43 = 2.608,39 \text{ m}^3$$

Para el cálculo de  $K1$  se sigue la ecuación anteriormente citada:

$$K1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V$$

$$K1 = 0,2683$$

Por tanto el arqueo bruto contabilizado en GT's resulta:

$$GT = K1 \cdot V$$

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval



$$GT = 0,2683 \cdot 2.608,39 = 699,8 \text{ GT's}$$

El convenio no admite decimales en la asignación del arqueo por lo que este se redondeará a la cifra mas próxima:

$$GT = 700 \text{ GT's}$$

Los espacios incluidos en la siguiente tabla no computan a efecto de arqueo por tener un volumen inferior a  $1 \text{ m}^3$  según la interpretación que de la Regla 6 se hace en la IMO TM.5/Circ.5 de 10 de junio de 1994 en su apartado 3.

					Nº
NOMBRES DE LOS ESPACIOS	Ancho medio	Largo medio	Productos	Puntal medio	Volumen
(1) VENTILADOR	Diám 0,3			2,8	< $1 \text{ m}^3$
(2) TAMBUCHO	0,715	0,715	0,51	0,64	< $1 \text{ m}^3$
(3) TAMBUCHO	0,715	0,715	0,51	0,6	< $1 \text{ m}^3$
(4) SUSPIRO	Diám 0,1			1,85	< $1 \text{ m}^3$
(5) TAMBUCHO	0,715	0,715	0,51	0,6	< $1 \text{ m}^3$
(6) VENTILADOR	Diám 0,6			3,2	< $1 \text{ m}^3$
(7) TAMBUCHO	0,63	0,82	0,59	0,59	< $1 \text{ m}^3$
(8) SUSPIRO	Diám 0,3			2,4	< $1 \text{ m}^3$
(9) SUSPIRO	Diám 0,3			2,3	< $1 \text{ m}^3$
(10) SUSPIRO	Diám 0,12			2,5	< $1 \text{ m}^3$
(11) VENTILADOR	Diám 0,25			2,5	< $1 \text{ m}^3$
(12) SUSPIRO	Diám 0,15			2,8	< $1 \text{ m}^3$
(13) TAMBUCHO	0,58	0,59	0,49	0,49	< $1 \text{ m}^3$
(14) VENTILADOR	Diám 0,15			2,8	< $1 \text{ m}^3$
(15) SUSPIRO	Diám 0,22			2,0	< $1 \text{ m}^3$
(16) SUSPIRO	Diám 0,18			2,65	< $1 \text{ m}^3$
(17) HABILITACIÓN CAPITÁN	3,	6	18	2,1	$37,8 \text{ m}^3$
(18) PASILLO HABILITACIÓN	1	4	4	2,1	$8,4 \text{ m}^3$
(19) COCINA Y COMEDOR	6	3,07	18,43	2,1	$38,72 \text{ m}^3$
(20) GUARDACALOR EN CBTA BOTES	1,5	4,3	6,45	1,9	$12,25 \text{ m}^3$
(21) CHIMENEA	1,5	2,29	3,44	1,8	$6,2 \text{ m}^3$
(22) PUENTE DE GOBIERNO	4,1	3,37	13,85	3,2	$44,35 \text{ m}^3$
(23) TAPA DE ESCOTILLA	5,95	30	178,50	0,27	$48,51 \text{ m}^3$
(24) ESCOTILLA DE CARGA (BRAZOLA)	5,95	30	178,50	1,2	$214,2 \text{ m}^3$
Suma					410,43

Tabla V1/C4-T32: Espacios no computables a efectos de arqueo  
Fuente: elaboración propia

## 7.2.- Arqueo Neto

Según la Regla 4 del convenio, el arqueo neto on NT se calculará aplicando la siguiente ecuación:

$$NT = K2 \cdot Vc \cdot (4d/3D) + K3 \cdot (N1 + N2/10)$$

Siendo:

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Cálculos de Arquitectura Naval



$$K2 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} V = K1 = 0,2 + 0,02 \cdot \log_{10} 2.608,039 = 0,2638$$

Vc es el volumen total de los espacios de carga. Para este buque:

NOMBRE DEL ESPACIO	LOCALIZACIÓN ENTRE CUADERNAS	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
ESCOTILLA DE CARGA	21 a 73	214,2
TAPA DE ESCOTILLA	21 a 73	48,51
VOLUMEN DE BODEGA	-5 a 15	1.296,725

Tabla V1/C4-T33: Tabla de Arqueo Neto  
Fuente: elaboración propia

El volumen de la escotilla de carga y la tapa de escotilla se ha obtenido por estimación sobre plano, mientras que el volumen de la bodega se ha obtenido con el programam MAXURF.

Por tanto el volumen total de los espacios de carga resulta  $V_c = 1.559,46 \text{ m}^3$

D es el, puntal de trazado según se define en la Regla 2(2), que para el buque proyecto resulta  $D = 5,5 \text{ m}$

d es el calado de trazado en la sección media del buque según se define en la Regla 4(2) y cuyo valor para el buque proyecto es  $d = 3,507 \text{ m}$

K3 viene definido por la expresión siguiente incluida en la Regla 4:

$$K3 = 1,25 \cdot [(GT + 10.000) / 10.000] = 1,25 \cdot [(700 + 10.000) / 10.000] = 1,337$$

N1 es el número de pasajeros en cabinas de no mas de 8 literas, que en el caso del buque proyecto es  $N1 = 0$

N2 es el número de otros pasajeros distintos de N1 y que también es  $N2 = 0$

Por tanto el arqueo neto resulta:

$$NT = K2 \cdot V_c \cdot (4d/3D) + K3 \cdot (N1 + N2/10)$$

$$NT = 0,2638 \cdot 1,559,46 \cdot (4 \cdot 3,507 / 3 \cdot 5,5) + 0 = 297,34$$

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez





Redondeando al valor mas próximo resulta:

$$NT = 298$$

## REFERENCIAS DEL TEXTO

- [1] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, las formas, diapositiva 245.* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [2] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto las formas, , diapositiva 294.* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [3] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* epígrafe 2.5.2. página 329
- [4] Alvariño, R.; Aspiroz, J.; Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* epígrafe 1.3.1.5. página 86

## BIBLIOGRAFIA

Alvariño, R.; Aspiroz, J. Meizoso, M. (1997): *El proyecto básico del buque mercante.* Madrid, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Linblad, A. (1961): *On the design of lines for merchant ships.* Chalmers University Transactions N° 240

*Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, dimensionamiento,* Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO



## PAGS WEB CONSULTADAS

[W1] <http://www.veristar.com/wps/portal/equasis?IMO=7424645> 12-marzo-2014

Veristar:

página web de la sociedad de clasificación Bureau Veritas.

Un ejemplo de hoja de datos típica de las utilizadas en la construcción de la base de datos de un buque se encuentra en la dirección citada

[W2] <http://www.equasis.org/>, 15-marzo-2014

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES  
Y  
OCEÁNICOS**



**PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE COSTERO DE CARGA GENERAL**

**VOLUMEN 2**

**SISTEMAS DE MÁQUINAS  
Y  
EQUIPOS DEL BUQUE**

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Sistemas de Maquinas y Equipos del Buque***



El volumen 2 está dedicado al dimensionamiento de los equipos y sistemas del Buque Proyecto, el cual se lleva a cabo en función de las necesidades del buque identificadas en el proceso previo de dimensionamiento.

Comprende 4 capítulos, cada uno de los cuales se corresponde con un Cuaderno de Proyecto, ordenados de la siguiente manera:

Capítulo 2.1:	Cuaderno 5, Predicción de potencia. Diseño de propulsores y timones
Capítulo 2.2:	Cuaderno 7, Planta propulsora y Cámara de Máquinas
Capítulo 2.3:	Cuaderno 10, Equipo y servicios
Capítulo 2.4:	Cuaderno 11, Definición de la planta eléctrica

**TUTOR:**

***D. Germán Romero***

**ALUMNO:**

***Francisco Arrazola Méndez***

# **Buque Costero de Carga General**

## **Sistemas de Maquinas y Equipos del Buque**



## INTRODUCCIÓN

En el presente volumen se procederá a definir el conjunto de maquinaria, equipos y servicios técnicos de los que debe disponer el buque para su óptima explotación, alcanzar los máximos niveles de seguridad para la protección de la vida humana en la mar, la carga y el medio ambiente; así como el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales vigentes.

Este volumen se estructura en cuatro partes: predicción de potencia, diseño de propulsores y timones, planta propulsora y cámara de máquinas, equipo y servicios del buque y definición de la planta eléctrica.

Las cuatro partes citadas se ordenan de forma que los cálculos obtenidos en cada una de ellas sirvan como dato de entrada, en los casos que así lo requieran, de los cálculos de las partes posteriores.

La secuencia de diseño se inicia con la estimación de la potencia a instalar y la definición de la tipología de la cadena propulsiva. Conocidos estos dos factores se pueden dimensionar los sistemas auxiliares de la propulsión y los sistemas de cámara de máquinas. El resto de los servicios del casco, equipos y otros servicios de los que debe dotarse el buque se dimensionan posteriormente. Finalmente, con los valores de la potencia de los distintos consumidores eléctricos obtenidos en la definición de los servicios y equipos se efectuarán el balance eléctrico y la definición de la planta eléctrica.

TUTOR:

ALUMNO:

*D. Germán Romero*

*Francisco Arrazola Méndez*



Capítulo

# 2.1

## CAPÍTULO 2.1

### Predicción de potencia. Diseño de propulsores y timones

*En este capítulo, a partir de las especificaciones del armador y de los criterios de diseño establecidos se fijarán las dimensiones principales del buque base por cálculo directo.*

*Partiendo de estos valores se construirá una base de datos con buques similares a este primer buque base.*

*El buque resultante se someterá a un proceso de optimización para llegar a obtener el conjunto de dimensiones que proporcionan la mejor opción que define el buque a proyectar.*



## 1. GENERALIDADES

El diseño de propulsores y timones parte del cálculo de la potencia a instalar para propulsar el buque a la velocidad de proyecto en las diferentes condiciones de carga previstas, así como el sistema de gobierno del buque.

Para evaluar la potencia que deberá tener el motor principal es necesario estimar el rendimiento propulsivo, el cual dependerá de tipología de la cadena de propulsión, siendo pues necesario definir los elementos que la componen.

Para la definición de los elementos que constituyen el sistema de propulsión principal se aplicarán los criterios que han guiado el desarrollo del proyecto, como son la selección de la alternativa más sencilla y de mayor rendimiento aplicable y los criterios de mínimo coste de adquisición o construcción y mínimo coste de explotación.

Tanto la cadena propulsiva como los elementos que constituyen el sistema de gobierno se encuentran íntimamente relacionados entre sí y a su vez estos con la geometría del casco. Por tanto para su selección y realización de los cálculos que justificativos se tomarán como datos de partida las formas fijadas como definitivas en el cuaderno n° 2.

## 2. PREDICCIÓN DE POTENCIA

Para el cálculo de la potencia propulsora del “Buque Proyecto” se parte de la estimación de la potencia al remolque, EHP, la cual permite el cálculo de la potencia propulsora a instalar una vez definido el rendimiento propulsivo.

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_P}$$

EHP	Potencia de remolque en Cv
$\eta_P$	Rendimiento propulsivo
BHP	Potencia la freno del motor propulsor en Cv

Siendo

$$EHP = \frac{R_T \cdot V}{75}$$

$R_T$	Resistencia total al avance del buque a la velocidad de proyecto (kg)
$V$	Velocidad de proyecto (m/s)

Por tanto, para el cálculo de la potencia propulsora o potencia efectiva del motor propulsor, bastará con conocer el valor de la resistencia total al avance del buque, la velocidad de proyecto que es un requisito del armador y el rendimiento propulsivo, que es una consecuencia de la

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# **Buque Costero de Carga General**

## **Predicción de Potencia**



tipología de la cadena de propulsión por lo que es necesario establecer qué tipo de sistema propulsivo se va a instalar para poder estimar su valor y por tanto calcular la potencia a instalar.

Para la obtención de la potencia propulsora se programará en Excel el método de Holtrop, generalmente aceptado en la etapa inicial de proyecto, cuyos resultados las curvas de EHP y BHP se presentan en este epígrafe.

la “cadena de propulsión” está constituida por el conjunto de equipos que están directamente involucrados con el avance del buque, denominándose a aquellos que prestan un servicio auxiliar a estos “sistemas auxiliares de la propulsión”, los cuales serán objeto otros cuadernos.

Los equipos que constituyen la cadena propulsiva o propulsión principal se especifican a continuación:

- Motor principal y reductora, en caso necesario
- Línea de ejes
- Chumacera de empuje
- Chumaceras de apoyo
- Hélice

Para este tipo de buques el sistema de propulsión descrito es el más sencillo y el más económico por lo que se adoptará para el “Buque Proyecto”.

En el diseño final se ubicará el motor propulsor suficientemente próximo al mamparo de popa de la cámara de máquinas que permita la instalación del eje sin necesidad de chumaceras de apoyo y se evaluará la necesidad de incorporar una reductora; no obstante se incluirá como elemento de la propulsión a efectos de la estimación del rendimiento propulsivo

Así pues la propulsión queda definida según:

- |                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| • Número de líneas de ejes      | 1           |
| • Número de motores propulsores | 1           |
| • Reductora                     | SI          |
| • Tipo de hélice                | Palas fijas |

Inicialmente para la tipología fijada se estimará un valor de partida para el rendimiento propulsivo del 70% [1]. Posteriormente los coeficientes propulsivos que se aplicarán al cálculo del propulsor serán los obtenidos por el método de Holtrop, obteniéndose posteriormente en el proceso de definición de la hélice y el resto de los factores.

Finalmente, conocida la resistencia total, se fijará la potencia necesaria a entregar por el motor propulsor o BHP. Se seleccionará un motor que cumpla con los requisitos de potencia, se seleccionará la hélice más conveniente y se definirá la reductora en caso de ser necesaria.

Previamente a la aplicación del método de Holtrop se evaluará si el “Buque Proyecto” se encuentra comprendido dentro del rango de validez de este método. Para ello se comprueba en la

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Predicción de Potencia



tabla 5.1 si los valores del “Buque Proyecto” para los parámetros que definen la aplicación del método se encuentran dentro del rango de validez de cada uno de ellos.

Según la tabla 2.9 del cuaderno 2 se fijaron como dimensiones del “Buque Proyecto”:

$$LOA = 54,97m \quad LPP = 50m \quad B = 9,5m \quad T = 3,50m$$

Como requisito del armador se fijó una velocidad máxima del “Buque Proyecto” de 12 nudos.

FACTOR	RANGO DE VALIDEZ	“BUQUE PROYECTO”	CUMPLE
$C_p$	0,73 - 0,85	0,765	SI
L/B	5,1 - 7,1	5,786	SI
B/T	2,4 - 3,2	2,714	SI
$F_{N \text{ máximo}}$	0,24	0,232	SI

Tabla V2/C1-T1: Comprobación de la aplicabilidad del método de Holtrop al “Buque Proyecto”  
Fuente: elaboración propia

Los valores de los factores del “Buque Proyecto” que validan la aplicación del método de Holtrop a la predicción de potencia quedan todos dentro del rango de exigido por el método, por lo que se calculará la potencia a instalar según este procedimiento.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA TOTAL (kN)							
Velocidad	R. De Fricción	R. A los apéndices	RW	Rb	Rtr	Ra	Rt
1	0,366077684	0,131724816	6,2247E-26	0	0	0,05856295	0,55636545
2	1,312520649	0,472281019	2,5119E-12	0	0	0,23425181	2,01905348
3	2,777453643	0,99940419	1,5969E-07	0	0	0,52706657	4,30392456
4	4,732659302	1,702940947	4,9115E-05	0	0	0,93700724	7,3726566
5	7,159827565	2,576302826	0,00167104	0	0	1,46407381	11,2018752
6	10,04554206	3,614662247	0,01841718	0	0	2,10826629	15,7868878
7	13,3792935	4,814237681	0,10528442	0	0	2,86958467	21,1684003
8	17,15249005	6,17193755	0,39670013	0	0	3,74802896	27,4691567
9	21,35789442	7,685157676	1,12834676	0	0	4,74359915	34,914998
10	25,98927403	9,351655404	2,6353948	0	0	5,85629524	43,8326195
11	31,04116931	11,16946623	5,24992197	0	0	7,08611724	54,5466748
<b>12</b>	<b>36,50873268</b>	<b>13,13684587</b>	<b>9,14448339</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8,43306515</b>	<b>67,2231271</b>
13	42,38761218	15,25222836	17,1676182	0	0	9,89713896	84,7045977
14	48,67386498	17,51419497	26,8811333	0	0	11,4783387	104,547532
15	55,36389117	19,92145034	32,6935107	0	0	13,1766643	121,155517

Tabla V2/C1-T2: Cálculo de la resistencia total por el método de Holtrop  
Resultados de los valores de resistencia en kN  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Predicción de Potencia



La tabla V2/C1-T2 muestra el resultado de los cálculos de los distintos componentes de la resistencia total obtenidos con el método de Holtrop para el “Buque Proyecto”

Se trazan a continuación, a partir de los datos de resistencia total, las curvas de potencia de remolque y potencia efectiva para comprobar que no existen máximos de resistencia a velocidades inferiores a la de proyecto que pudieran necesitar valores de potencia instalada superiores a la necesaria para propulsar el buque en condiciones de servicio.

CURVA DE EHP		
Velocidad	EHP Cv	EHP kW
1	0,39	0,29
2	2,82	2,08
3	9,03	6,64
4	20,62	15,18
5	39,16	28,82
6	66,22	48,74
7	103,60	76,25
8	153,64	113,08
9	219,70	161,70
10	306,46	225,55
11	419,50	308,75
12	563,99	415,10
13	769,88	566,63
14	1.023,32	753,17
15	1.270,59	935,15

Tabla V2/C1-T3: Cálculo de la potencia EHP por el método de Holtrop  
Fuente: elaboración propia

El cálculo de la potencia propulsora para este buque a una velocidad máxima de 12 nudos arroja un resultado de BHP = 592,94 kW.

Seguidamente se buscará un motor propulsor capaz de proporcionar esta potencia en modo continuo o MCR.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Predicción de Potencia



CURVA DE BHP			
Velocidad	Rto prop	BHP Cv	BHP kW
1	0,7	0,556	0,409
2	0,7	4,033	2,968
3	0,7	12,896	9,492
4	0,7	29,455	21,679
5	0,7	55,941	41,173
6	0,7	94,606	69,630
7	0,7	147,999	108,927
8	0,7	219,487	161,542
9	0,7	313,854	230,996
10	0,7	437,794	322,217
11	0,7	599,285	441,074
12	0,7	805,699	592,994
13	0,7	1.099,823	809,470
14	0,7	1.461,889	1.075,950
15	0,7	1.815,127	1.335,934

Tabla V2/C1-T4: Cálculo de la potencia efectiva BHP por el método de Holtrop  
Fuente: elaboración propia

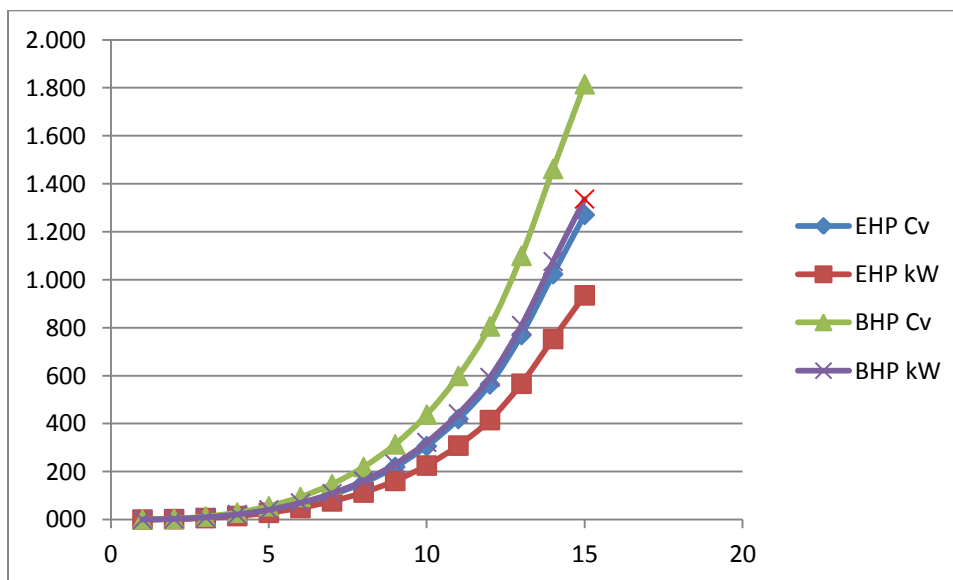


Figura V2/C1-F1: Curvas de potencia  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3. DISEÑO DE LA PROPULSIÓN

El diseño de la propulsión se enfoca en la selección de los elementos que componen la cadena propulsiva del buque; conceptualizando el sistema de propulsión, justificando su disposición.

#### 3.1. Criterios de diseño del sistema propulsivo

En el aspecto propulsivo estos criterios llevan a la selección de una cadena propulsiva compuesta por una sola línea de ejes, una hélice de paso fijo accionada por un único motor propulsor; como ya se planteó inicialmente en el pre dimensionamiento del buque.

Debido a que a la potencia propulsora prevista para instalar en el buque los fabricantes de motores únicamente ofrecen motores rápidos, se instalará una caja de engranajes acoplada al motor propulsor para adaptar la rpm de este a las rpm óptimas de giro de la hélice.

En cuanto a la disposición del propulsor y los elementos de gobierno, incidiendo en el criterio de sencillez y economía, la popa se diseñará con codaste abierto y timón suspendido

##### 3.1.1.- Definición de la cadena de propulsión

En el cuaderno 5 se fijó la tipología de la cadena de propulsión. Los equipos que constituyen la cadena propulsiva o propulsión principal propuesta son:

- 1 Motor principal y reductora acoplada, en caso necesario
- 1 Línea de ejes
- 1 Chumacera de empuje
- 1 Chumacera de apoyo
- 1 Hélice

El cierre de bocina es un elemento fundamental en la línea de ejes para garantizar la estanqueidad de la cámara de máquinas, no obstante no se puede considerar como un integrante de la cadena propulsiva propiamente dicho. En buques pequeños el cojinete del cierre de bocina es la única chumacera de apoyo, ya que la pequeña longitud del eje en la cámara de máquinas permite esta disposición evitando así el eje intermedio.

En instalaciones de pequeña potencia, generalmente en potencias inferiores a 1.000 kW, es habitual que la función que cumple la chumacera de empuje sea desempeñada por el

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



cojinete de empuje del motor principal, el cual en los motores marinos se encuentra adecuadamente dimensionado para esta función.

En el diseño detallado de la propulsión se ubicará el motor propulsor suficientemente próximo al mamparo de popa de la cámara de máquinas que permita la instalación del eje sin necesidad de chumaceras de apoyo intermedias.

Para simplificar la instalación se seleccionará un motor con chumacera de empuje integrada

Así pues la propulsión queda definida según:

- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| • Número de líneas de ejes      | 1                                  |
| • Número de motores propulsores | 1                                  |
| • Reductora                     | Según requerimientos del propulsor |
| • Tipo de hélice                | Palas fijas                        |

## **3.2. DISEÑO DEL PROPULSOR**

El cálculo del propulsor óptimo parte de la búsqueda de la hélice capaz de dar el máximo rendimiento de entre todas aquellas capaces de proporcionar el empuje que exigen las formas del buque para propulsarlo a la velocidad de proyecto.

Para el “Buque Proyecto” se ha seleccionado un propulsor de la serie B de Wageningen, los cuales son de uso general en este tipo de buques.

Los datos de entrada necesarios para la selección de la hélice son:

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| • Potencia del motor            | BHP a partir de Holtrop   |
| • Velocidad del buque           | Requisito del proyecto  |
| • Diámetro máximo de la hélice. | Se estimará en función de las formas del codaste y la altura del eje de cola sobre la línea base        |
| • Número de palas               | Se fijará de manera que no se produzcan acoplamientos dinámicos con las frecuencias del motor propulsor |

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



- Inmersión del eje

Se fija en función de la altura del eje de cola sobre la línea base y el calado a popa en la condición de proyecto.

Previamente a la selección de la familia de la hélice se establecerá el valor de la relación área-disco mínima que garantice el diseño en cuanto a la presencia de cavitación. Para ello se aplicará el criterio de Keller.

De los datos de entrada para el cálculo únicamente queda por definir el diámetro de la hélice, el cual viene limitado por el valor de la máxima altura del eje de cola sobre la quilla. Esta medida limita el radio de la hélice y por tanto fija su diámetro.

Según se ha planteado el diseño, la altura del doble fondo en la cámara de máquinas se ha establecido en 1.100 mm por lo que el eje de cola tendrá una altura sobre la quilla igual a 1.100 mm más la altura que le corresponda según el diseño de la bancada del motor propulsor. De los datos de montaje que proporciona el fabricante se deduce que el eje de cola queda a una altura de 350 mm sobre la bancada.

El segundo factor que matiza el diseño de la hélice son los huelgos que recomienda para su montaje la sociedad de clasificación, En el caso del DnV la regla F 201 correspondiente a la sección 5 del capítulo 4, solamente exige que los huelgos sean tales que permitan la satisfactoria operación de la hélice, ya que la regla que fijaba tales dimensiones ha sido eliminada en el año 2009, tal y como expresa en este mismo capítulo y sección en su página 3.

En las reglas anteriores a 2009, se establecía una clara entre la punta de la pala y la línea base igual a  $d = 0,035 D$ ; siendo  $D$  el diámetro del propulsor.

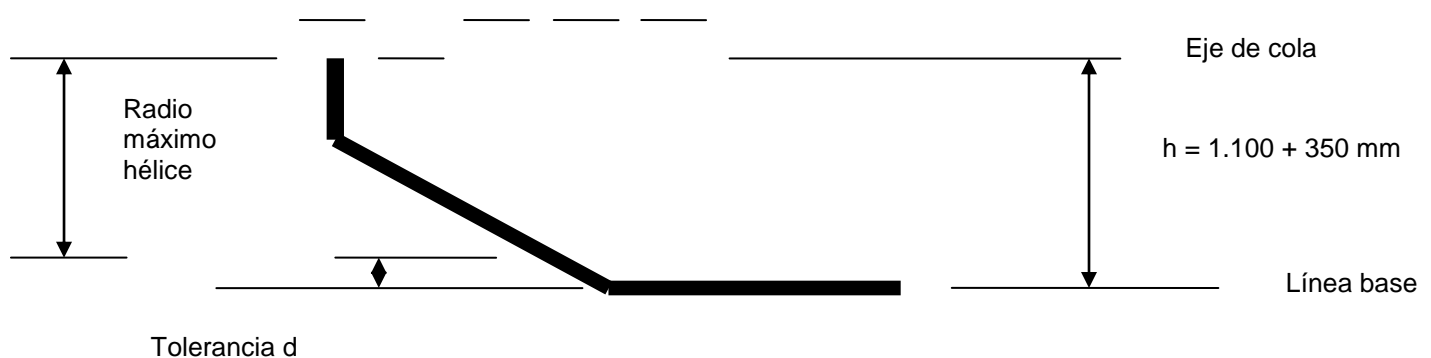


Figura V2/C1-F2: Diámetro máximo de la hélice  
Fuente: elaboración propia

Se estimará un diámetro máximo a partir de las holguras consideraras como practica de la industria.

$$D_{\text{máx}} = 1.100 + 350 - d$$

$$d = 0,035 \cdot D_{\text{máx}}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# **Buque Costero de Carga General**

## **Predicción de Potencia**



En el caso más extremo el radio máximo de la hélice será:

$$R_{\max} = 1.100 + 350 = 1.450 \text{ mm}$$

Por tanto

$$D_{\max} = 2 \cdot R_{\max} = 2 \cdot 1.450 = 2.900 \text{ mm}$$

Descontando la tolerancia

$$d = 0,035 \cdot D_{\max} = 0,035 \cdot 2.900 = 101,5$$

Recalculando  $R_{\max}$ :

$$R_{\max} \text{ corregido} = 1.450 - d = 1.450 - 101,5 = 1.348,5 \text{ mm}$$

Por tanto el diámetro máximo admisible corregido por tolerancia sobre línea base será:

$$D_{\max} \text{ corr} = 2 \cdot R_{\max} \text{ corr} = 2 \cdot 1.348,5 = 2.697,5 \text{ mm}$$

Se tomará como diámetro máximo para el cálculo el valor

$$D_{\max_0} = 2.695 \text{ mm}$$

Para la selección de la hélice se utilizarán los diagramas  $B_p - \delta$

La configuración mas frecuente para un motor propulsor con una potencia efectiva en torno a 600 kW es de 12 cilindros en V, por lo que una hélice con un número de palas múltiplo de 12 no es recomendable. Se tomará un número de palas que no sea múltiplo de 12, por lo que se seleccionará un propulsor con 5 palas.

Fijado el diámetro, los datos de entrada para el cálculo de la hélice son en las condiciones de proyecto:

- Potencia del motor 592,94 kW
- Velocidad del buque 12 nudos
- Diámetro de la hélice. 2.695 mm
- Número de palas  $Z = 5$

Ahora se fijará el valor de la inmersión del eje. Según se ha especificado en el cálculo del francobordo, en el cuaderno nº 4 correspondiente a los cálculos de arquitectura naval, el calado del buque a plena carga es de  $T_m = 3,5$  m por lo que la inmersión del eje en condiciones de servicios será igual a la diferencia entre el calado a popa en la condición de plena carga y la altura del eje sobre la quilla, la cual es fija.

$$I = T_m - (H_{\text{banc}} + H_{\text{eje}}) \text{ mm}$$

- $T_{pp}$  Calado a popa en condiciones de plena carga
- $H_{\text{banc}}$  Altura de la bancada del motor sobre la quilla
- $H_{\text{eje}}$  Altura del eje del motor sobre la bancada

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Predicción de Potencia



Las curvas KN se han calculado para unos valores extremos del asiento apopante de 1,5 m de acuerdo con los resultados del cuaderno nº4 correspondiente a los cálculos de arquitectura naval, por lo que el calado a popa en la condición de plena carga con máximo asiento será de  $T_{pp} = 4,25$  m. Para tomar un criterio conservador se tomará la condición de asiento nulo, en la que el calado de popa coincide con el calado de proa y obviamente con el calado medio  $T_m = 3,5$  m.

En estas condiciones la inmersión del eje será la diferencia entre el calado a popa considerado y la altura del eje de cola sobre la quilla. Así pues:

$$h = 3.500 \text{ mm} - (1.100 + 350) \text{ mm} = 2.050 \text{ mm}$$

Por tanto se tomarán como valores definitivos para el cálculo:

- Potencia del motor 592,94 kW
- Velocidad de giro. 1.800 rpm
- Velocidad del buque 12 nudos
- Diámetro máximo de la hélice. 2.695 mm
- Número de palas  $Z = 5$
- Inmersión del eje  $h = 2.050 \text{ mm}$

Los coeficientes de estela se estimarán aplicando el método de Holtrop

### 3.2.1.- Cálculo de la hélice

Para seleccionar una hélice para el “Buque Proyecto” a partir de la serie B de Wageningen se fijará el diámetro máximo de la hélice y se buscarán las revoluciones de giro de máximo rendimiento [1]

Se tomarán los valores de los coeficientes propulsivos del cálculo de la resistencia total por el método de Holtrop a la velocidad de proyecto de 12 nudos

Coeficientes propulsivos	
Coeficiente de estela w	1,4145
Coeficiente de succión t	0,1959
Rendimiento del casco	-1,940
Empuje de la hélice kN	83,6
Rto propulsivo estimado	0,7

Tabla V2/C1-T5: Coeficientes propulsivos  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





El diámetro de la hélice se ha fijado en 2.695 mm

Se busca la relación  $(A_D/A_O)_{min}$  que garantiza la ausencia de cavitación siguiendo el criterio de Keller.

$$\left(A_D/A_O\right)_{min} = \frac{(1,3 + 0,3 \cdot Z) \cdot T}{(P_0 - P_v) \cdot D^2} + k = \frac{(1,3 + 0,3 \cdot Z) \cdot T}{(1.026 \cdot h + 10.100) \cdot D^2} + 0,2$$

Como datos de entrada se tomarán:

$$Z = 5$$

Considerando una resistencia total según la tabla 5.2  $R = 67.223 \text{ N} = 6.852,5 \text{ kg}$

$$D = 2.695 \text{ mm}$$

$$T = \frac{R}{1-t} = \frac{6.852,5}{1-0,1959} = 8.521,95 \text{ kg}$$

$$h = 2.050 \text{ mm}$$

$k = 0,2$  ya que se trata de una solo eje de cola

$$\left(A_D/A_O\right)_{min} = \frac{(1,3 + 0,3 \cdot 5) \cdot 8.521,95}{(1.026 \cdot 2,05 + 10.100) \cdot 2,695^2} + 0,2 = 0,46921$$

Para la selección definitiva de la hélice del “Buque Proyecto” se trabajará con la familia de hélices B.5.60, ya que es la que proporciona una relación  $(A_D/A_O)$  que garantiza la ausencia de cavitación más próxima al mínimo calculado por Keller para hélices de 5 palas.

Una vez seleccionada la familia se trabajará con el diagrama  $B_p-\delta$  correspondiente para calcular el número de revoluciones del eje que proporciona el máximo rendimiento del propulsor.

Para ello se construirán las gráficas de revoluciones-relación paso-diámetro y revoluciones-rendimiento, a partir de las cuales se definirán el rendimiento, las revoluciones de giro y el paso del propulsor mas adecuado para el “Buque Proyecto”.

Así pues:

$$\delta_{01} = 0,96 \cdot \delta_0$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$$\delta_0 = \frac{1}{J} = \frac{n \cdot D_{max}}{V_A}$$

$$v_A = V \cdot (1 - w) = 14 \cdot (1 - 0,32) = 9,52 \text{ kn}$$

$$D_{MAX} = 2.695 \text{ mm}$$

Las revoluciones se toman por minuto

$$\delta_0 = \frac{n}{60} \cdot \frac{2,695}{9,52 \cdot 0,5144} = 0,0091 \cdot n$$

$$\delta_1 = 0,96 \cdot \delta_0 = 0,96 \cdot 0,0091 \cdot n = 0,0088 \cdot n$$

Análogamente:

$$B_{p1} = 0,1739 \sqrt{B_{p0}}$$

$$B_{p0} = \frac{n \cdot \sqrt{DHP_{WAG}}}{V_A^{2,5}}$$

$$DHP_{WAG} = \frac{BHP}{1,026} \cdot \eta_r \cdot \eta_m$$

$$BHP = K_P \cdot BHP_{PROY} = 0,9 \cdot 3.400 \text{ Cv} = 3.060 \text{ Cv} = 3.060 \cdot \frac{75}{76} \text{ HP} = 3.019,73 \text{ HP}$$

$$DHP_{WAG} = \frac{3.019,73}{1,026} \cdot 1,023 \cdot 0,98 = 2.970,87 \text{ HP} \cong 2.971 \text{ HP}$$

$$B_{p0} = \frac{n \cdot \sqrt{2.971}}{9,52^{2,5}} = 0,1959 \cdot n$$

$$B_{p1} = 0,1739 \cdot \sqrt{B_{p0}} = 0,1739 \cdot \sqrt{0,1959 \cdot n} = 0,077 \cdot \sqrt{n}$$

Se construye a continuación una tabla para generar las gráficas que permitirán seleccionar el rpm de máximo rendimiento para el diámetro de hélice impuest.

$$B_{p1} = 0,018 \cdot \sqrt{n}$$

$$\delta_1 = 0,0088 \cdot n$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Predicción de Potencia



rpm	$Bp_1$	$\delta_1$	H/D	$\eta_0$
290	1,31	2,55	0,77	0,49
300	1,33	2,64	0,78	0,486
310	1,36	2,73	0,78	0,482
320	1,38	2,82	0,75	0,478
330	1,40	2,90	0,72	0,474
340	1,42	2,99	0,69	0,47
350	1,44	3,08	0,66	0,466
360	1,46	3,17	0,63	0,462
370	1,48	3,26	0,58	0,45

Tabla V2/C1-T6: Gráfica rpm- $\eta_0$   
Fuente: elaboración propia

Del resultado obtenido en el análisis de la mejor opción en función de las rpm se observa que el rendimiento del propulsor es superior a menor número de revoluciones, por lo que se fijará el diseño en una velocidad de giro de 300 rpm.

Como consecuencia se obtiene una relación paso-diámetro H/D = 0,78 por lo que se queda fijado también el paso de la hélice.

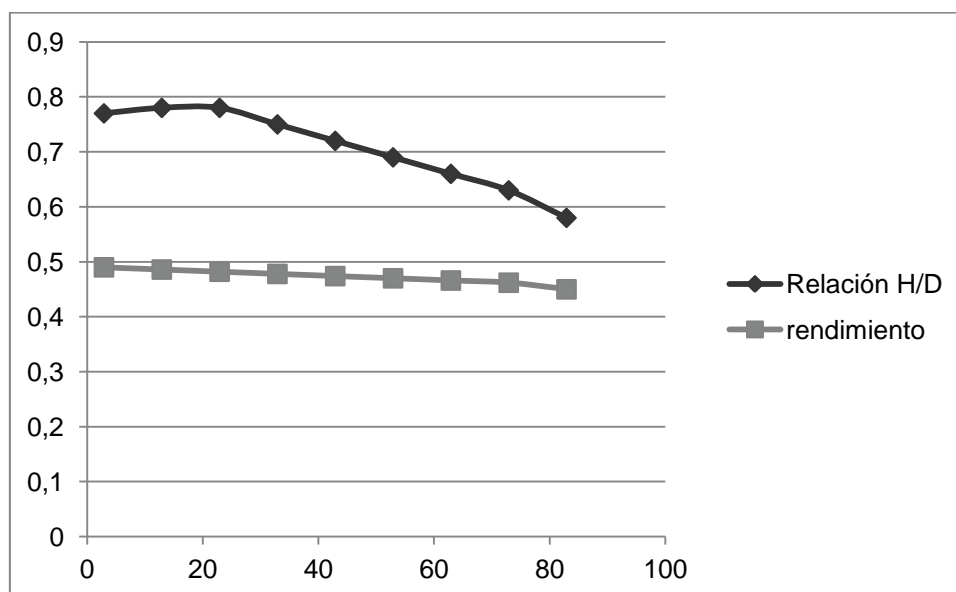


Figura V2/C1-F3: Curvas de rendimiento y relación H/D de la hélice seleccionada  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.3. SELECCIÓN DEL MOTOR PROPULSOR

El dimensionamiento del equipo propulsor incluye la definición detallada de la máquina propulsora, así como de todos los servicios auxiliares de la propulsión que son necesarios para que la máquina propulsora entregue a la hélice la potencia requerida por el buque en las condiciones de proyecto.

El motor propulsor se seleccionará entre aquellos que proporcionen la potencia necesaria. Una vez seleccionado se analizará el acoplamiento con el propulsor seleccionado para establecer la necesidad de la incorporación de una reductora que permita acoplar el motor en su MCR al propulsor girando a sus rpm de máximo rendimiento.

El motor seleccionado deberá cumplir con la normativa TIER 2 de MARPOL que en la regla 13 impone una limitación a la emisión de óxidos de nitrógeno de los motores diesel:

- .1 14.4 g/kWh when n is less than 130 rpm;
- .2  $44 \cdot n^{(-0.23)}$  g/kWh when n is 130 or more but less than 2000 rpm;
- .3 7.7 g/kWh when n is 2000 rpm or more.

n = rated engine speed (crankshaft revolutions per minute):

De las posibles opciones del mercado se ha seleccionado como motor propulsor el modelo para aplicaciones marinas C32 ACERT del fabricante Caterpillar.

Los datos que definen el motor son:

#### SPECIFICATIONS

<b>Type:</b>	<b>V-12, 4-Stroke-Cycle-Diesel</b>
Emissions	IMO/EPA Tier 2 Compliant;
EU Stage	3A Inland Waterway;
	Accepted as equivalent CCNR Stage II;
DnV clean design	Compliant
Displacement	32.1 L (1958.8 in <sub>3</sub> )
Rated Engine Speed	1.600-2.300 rpm
Aspiration	Twin Turbocharged-Aftercooled
Weight, Net Dry (approx.)	3.220 kg (7100 lb)

De todos aquellos que componen la serie se ha seleccionado aquel cuyas características de funcionamiento se fijan por el fabricante como "Rating A: Unrestricted Continuous"

<b>Rating</b>	<b>A</b>
Power	634 bkW (850 bhp)
Rotation Speed	1.800 rpm
SFOC	205,3 gr/kW·h
Fuel Rate	155,1 l/h

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Como consecuencia de la elevada velocidad de giro del motor, incompatible con la velocidad de giro de máximo rendimiento del propulsor seleccionado, se hace necesario incorporar una reductora que permita el acoplamiento de ambos sin perjudicar el rendimiento total de la propulsión.

### 3.3.1.- Combustible para la propulsión principal

Según las especificaciones del fabricante, el combustible a consumir para el correcto funcionamiento del motor será:

*“Fuel rates are based on fuel oil of 125° API [16°C (60°F)] gravity having an LHV of 42.780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29°C (85°F) and weighing 838.9 g/L (7.001 lb/U.S. gal). Additional ratings may be available for specific customer requirements. Consult your Caterpillar representative for additional information”.*

Estas especificaciones concuerdan con las correspondientes al MGO seleccionado previamente.

Por tanto, siguiendo las especificaciones del fabricante se selecciona como combustible de la propulsión principal [2]:

### **Marine Gas Oil “MGO”**

## **3.4. SELECCIÓN DE LA REDUCTORA**

Debido al elevado régimen de giro del motor propulsor se hace necesario incorporar una reductora, la cual se acoplará al motor propulsor seleccionado buscando las rpm de salida que demanda el propulsor para trabajar en condiciones de máximo rendimiento para el diámetro obtenido en el cálculo de la hélice.

Se han seguido los criterios de acoplamiento que se recomiendan por el fabricante alemán ZF en su aplicación de selección on line de reductoras de aplicación marina en su página web [3].

Se ha optado por el modelo apto para aplicaciones marinas de servicio continuo Heavy Duty modelo DS-ZF W3355.



### 3.5. CHUMACERA DE EMPUJE

La chumacera de empuje es integral con el motor, por lo cual No requiere cálculo adicional ya que forma parte del motor propulsor.

El motor irá fijado al casco, transmitiendo el empuje a través de los correspondientes polines según las sustentaciones indicadas por el fabricante.

### 3.6. DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE COLA

Siguiendo las pautas del proyecto basadas en la sencillez del diseño y la eficiencia de la explotación seleccionará una disposición del motor principal lo mas a popa posible, de manera que la configuración de la cámara de máquinas sea la de menor eslora posible.

Por tanto se selecciona una configuración de la propulsión sin eje intermedio, por lo que se montará un único eje de cola que accionará la hélice directamente desde la salida de la reductora.

Esta disposición reduce el peso de la maquinaria y simplifica la disposición general de la cámara de máquinas.

#### 3.6.1.- Material del eje de cola

El ambiente marino y la presencia de agua salada, hacen que para el eje de cola sea deseable un acero inoxidable. Las tablas C1 y C2 incluidas en Pt.2 Ch.2 Sec.5 de las reglas del DnV indican la composición y características mecánicas que para este tipo de aceros.

Según la Classification Note 41.4 CALCULATION OF SHAFTS IN MARINE APPLICATIONS FEBRUARY 2007 el rango admisible para la resistencia del material destinado a los ejes propulsores, el límite elástico no será inferior a 400 MPa ni superior a 1.200 MPa.

Siguiendo la recomendación de la Classification Note 41.4 y las opciones disponibles en las tablas C1 y C2 Pt.2 Ch.2 Sec.5 de las reglas, se seleccionará un acero inoxidable con un límite elástico 600 N/mm<sup>2</sup>

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.6.2.- Diámetro del eje de cola

El cálculo del diámetro del eje viene limitado por los criterios de fatiga, siendo los más relevantes los correspondientes a Low Cycle Fatigue [4].

Se verificará el diámetro del eje para esta condición de Low Cycle Fatigue.

Se hará un cálculo directo para estimar un diámetro de partida para el cálculo del eje, validando posteriormente este resultado según los criterios de fatiga recomendados en la Classification Note 41.4 CALCULATION OF SHAFTS IN MARINE APPLICATIONS FEBRUARY 2007.

Se aplicará el criterio de fatiga a bajo número de ciclos

$$\tau_{max} = \tau_0 \cdot k_A \leq \frac{\sigma_y}{25 \cdot k_L}$$

$$\tau_0 = \frac{16 \cdot d \cdot T_0 \times 10^6}{\pi \cdot (d^4 - d_i^4)}$$

Siendo:

$\tau_{max}$ :	Tensión cortante máxima (N/mm <sup>2</sup> )
$\tau_0$ :	Tensión cortante de régimen (N/mm <sup>2</sup> )
$k_A$ :	Factor de aplicación $k_A = 1,2$
$\sigma_y$ :	Límite elástico (N/mm <sup>2</sup> )
$k_L$ :	Factor de influencia
$d$ :	Diámetro exterior del eje (mm)
$d_i$ :	Diámetro interior del eje (mm)
$T_0$ :	Par máximo a MCR (kNm)

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.6.2.1.- Cálculo directo del diámetro del eje

Aplicando los criterios de elasticidad y resistencia de materiales generalmente aceptados al cálculo de las tensiones de torsión [4] en el caso de ejes macizos de sección circular se tiene:

$$\tau_{max} = \frac{16 \cdot M_T}{\pi \cdot d^3}$$

Siendo:

$\tau_{max}$  : Tensión cortante máxima

$M_T$ : Momento torsor

$d$ : diámetro del eje

Se incluirá el valor del Momento torsor o par motor a 1.800 rpm que proporciona el fabricante del motor y se despejará el diámetro imponiendo como condición el valor máximo aceptable de la tensión de trabajo, el cual no deberá sobrepasar, obviamente, la tensión máxima admisible en el material.

Aplicando un factor de seguridad de  $Fs_1 = 1,5$  en el cálculo directo del eje [5] y puesto que se ha seleccionado un material cuya tensión máxima admisible es de 600 N/mm<sup>2</sup> resulta para la tensión cortante de régimen del material seleccionado:

$$\tau_0 = \frac{\tau_{max}}{1,5} = \frac{600}{1,5} = 400 \text{ N/mm}^2$$

Por tanto se hará el cálculo directo del diámetro del eje para no sobrepasar el valor de 400 N/mm<sup>2</sup> en condiciones de trabajo continuo; posteriormente se verificará la resistencia del eje con el diámetro seleccionado según los criterios de la sociedad de clasificación

Sustituyendo valores en la ecuación de la tensión máxima:

$$d^3 = \frac{16 \cdot M_T}{\pi \cdot \tau_{max}} = \frac{16 \cdot 3.363 \cdot 1.000}{\pi \cdot 400} = 42.819.046 \text{ mm}^3$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





Por tanto:

$$d = 34,98 \approx 35 \text{ mm}$$

El segundo factor que matiza el diámetro del eje es el montaje de la bocina. Los valores de los diámetros mínimos que los fabricantes de cierres y cojinetes de bocina mantienen como estándar en sus catálogos marcan un valor mínimo del diámetro, ya que no tiene sentido diseñar un cierre de bocina específico.

Se han consultado los catálogos de SKF y Wärtsila para la selección del cojinete de bocina y sus cierres, tanto del lado mar como del lado motor, finalmente se ha seleccionado la solución de Wärtsila ya que en el rango de los diámetros por debajo de 100 mm ofrece más versatilidad en su catálogo para la selección de estos elementos.

En el epígrafe 3.8 de este capítulo se describe la selección de ambos cierres de bocina, así como del cojinete de bocina. La solución adoptada impone un valor del diámetro mínimo ofrecido por el fabricante para este tipo de aplicaciones de 70 mm.

La instalación de un eje con diámetro de 70 mm supone un factor de seguridad adicional sobre el aplicado en el cálculo directo  $FS_2 = 2$  sobre el valor obtenido por el cálculo directo.

Se comprueba a continuación este valor del diámetro impuesto por el montaje y verificado por cálculo directo siguiendo los criterios de fatiga de la sociedad de clasificación.

### 3.6.2.2.- Comprobación del diámetro de eje seleccionado por los criterios de DnV

Siguiendo los criterios de cálculo expuestos anteriormente:

$$\tau_{max} = \tau_0 \cdot k_A \leq \frac{\sigma_y}{25 \cdot k_L}$$

$$\tau_0 = \frac{16 \cdot d \cdot T_0 \cdot 10^6}{\pi \cdot (d^4 - d_i^4)} = \frac{16 \cdot 70 \cdot 3,363 \cdot 10^6}{\pi \cdot (70^4 - 0)} = 49,93 \text{ N/mm}^2$$



Por tanto:

$$49,93 \cdot 1,2 \leq \frac{600}{25 \cdot k_L}$$

Según la sociedad de clasificación [5]  $K_L$  es dependiente de dos factores, el efecto de la chaveta y la influencia del acabado superficial del material. La ecuación que define  $K_L$  particularizada para ejes de acero inoxidable resulta:

$$K_L = \left[ (\alpha_t - 1) \cdot \frac{\sigma_y}{900} \right] + \left[ 0,14 \cdot \log R_Y \right]$$

Siendo:

$\alpha_t$  = Factor geométrico de concentración de tensiones.  $\alpha_t = 1,05$

$\sigma_y$  = Límite elástico. Según tabla C2 Pt2Ch2 para el material considerado  $\sigma_y = 360 \text{ N/mm}^2$

$R_y$  = Rugosidad superficial del eje.

Valor mínimo aceptable para el cálculo de  $K_L$ :  $R_Y = 1,0 \mu\text{m}$

Por tanto:

$$K_L = \left[ (1,05 - 1) \cdot \frac{360}{900} \right] + \left[ 0,14 \cdot \log 1 \right] = 0,02$$

Introduciendo el valor de  $K_L$  en la validación del eje

$$49,93 \cdot 1,2 \leq \frac{600}{25 \cdot 0,02}$$

$$59,916 \leq 1.200$$

La desigualdad se mantiene, por lo que el eje cumple con los criterios de fatiga de la Sociedad de Clasificación.

Como consecuencia de este resultado el eje queda validado, seleccionándose finalmente un eje de cola de acero inoxidable de 70 mm de diámetro

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.7. CHUMACERA DE APOYO

El criterio general de diseño del “Buque Proyecto” basado en la optimización lleva a una concepción de la cámara de máquinas lo más corta posible. Para ello el motor principal se aproximará al mamparo de proa del pique de popa (mamparo de popa de la cámara de máquinas) lo máximo posible. Este montaje reduce la eslora de la cámara de máquinas y elimina la necesidad de instalación de eje intermedio y de chumacera de apoyo, haciendo este servicio el propio cojinete de bocina.

Por tanto el buque no dispone de chumaceras de apoyo en cámara de máquinas para el eje de cola.

### 3.8. BOCINA

El cierre de la bocina se ha seleccionado considerando la bocina un conjunto, de manera que tanto el cierre de lado mar como del lado motor y el cojinete de bocina se han elegido del mismo fabricante.

Una vez fijado el diámetro del eje de cola se han seleccionado el cojinete de bocina y los cierres de bocina del catálogo de Wärtsilä [6].

#### 3.8.1.- Cojinete de bocina

Debido al papel que el cojinete de bocina juega como chumacera de apoyo se ha seleccionado la solución de cojinete de bocina bañado en aceite.

La definición de detalle del sistema de lubricación de la bocina se ajustará a las especificaciones del fabricante.

Para la aplicación definida como Commercial Vessel se han seleccionado los cojinetes del tipo OCS-N Wärtsilä Sternsafe cuyo rango de diámetros de aplicación está comprendido entre 70 y 1.172 mm y soportan una velocidad máxima de giro de 1.100 rpm.

El cojinete seleccionado es:

**Wärtsilä Sternsafe OCS-N  $\phi$ 70 mm**

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.8.2.- Cierre de bocina

Al ser el cojinete de bocina bañado en aceite los cierres de bocina, tanto del lado motor como del lado mar, deberán ser los adecuados para esta aplicación

Siguiendo las recomendaciones del manual de aplicaciones de Wärtsilä se ha seleccionado el conjunto de cierre

**Cierre lado mar**

**OFS1H-F  $\phi 70$  mm**

**Cierre lado motor**

**OFS1HW-F  $\phi 70$  mm**

### 3.8.3 - Protección anticorrosiva y galvánica del eje de cola

Se dispondrá en el eje un anillo rozante con escobillas para conectar a tierra el eje de cola y protegerlo de la acción galvánica.

## **4.- SISTEMA DE GOBIERNO**

El sistema de gobierno está constituido por todos los elementos que garantizan que la maniobrabilidad del buque cumple con los requisitos normativos para el timón de buque, tanto de la bandera como de la IMO.

Si bien el timón es el elemento básico del sistema de gobierno, además de este también se deben considerar elementos de este sistema todos aquellos dispositivos destinados a garantizar la maniobrabilidad, como pueden ser las hélices transversales de maniobra.

El diseño del timón se basará, como el resto del proyecto, en los criterios de eficiencia por lo que siguiendo con las pautas del desarrollo del sistema propulsivo basado en una única línea de ejes, el sistema de gobierno se proyectará con un único timón.

Siguiendo la pauta de los criterios de máxima sencillez en el diseño, y mayor simplificación posible de los sistemas, se diseñará la popa con codaste abierto, por lo que el timón será del tipo suspendido, el cual cumplirá con los criterios de maniobrabilidad de la curva de evolución que exige la IMO para los buques mercantes.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 4.1.- Metodología aplicada al diseño del timón

El timón es el apéndice del buque que garantiza su gobernabilidad. Por tanto se partirá del análisis de las características de maniobrabilidad, para diseñar el timón capaz de garantizarlas.

A efectos de cálculo del sistema de gobierno los buques de formas llenas se comportan de manera diferente que los buques de formas finas, siendo la frontera

- $CB \geq 0,8$  “formas llenas”
- $CB \leq 0,6$  “formas finas”

El “Buque Proyecto” tiene un coeficiente bloque  $CB = 0,758$  por lo que a efectos de gobierno se puede considerar un buque de formas llenas.

Como buque de formas llenas el diseño se centrará en garantizar la facilidad de evolución, imponiendo los límites que establece la IMO para el cálculo del diámetro de giro y comprobando posteriormente que se cumple con los requisitos de estabilidad de ruta y facilidad de cambio de rumbo.

Como consecuencia de la imposición de los criterios de la IMO para el cálculo del diámetro de giro se obtendrá el área de timón necesaria para garantizar este diámetro y las restantes características de maniobrabilidad. A partir del valor del área del timón se calcularán el resto de los elementos que lo definen como son, principalmente, su cuerda y su altura

### 4.2.- Características de maniobrabilidad del buque

La maniobrabilidad del buque se especificará a través de un conjunto de criterios que proporcionan una curva de evolución aceptable. Debido a la ausencia de modelos matemáticos fiables y de datos suficientes para la exacta definición del sistema de gobierno en la fase de proyecto, se aplicarán los criterios de la IMO para la especificación de los factores que definen el sistema de gobierno.

Según la IMO, los elementos que definen la curva de evolución del buque son el diámetro de giro (Turning Radius), el diámetro de evolución (Tactical Diameter), el avance (Advance) y la desviación (Transfer), como se muestran en la figura 5.3.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

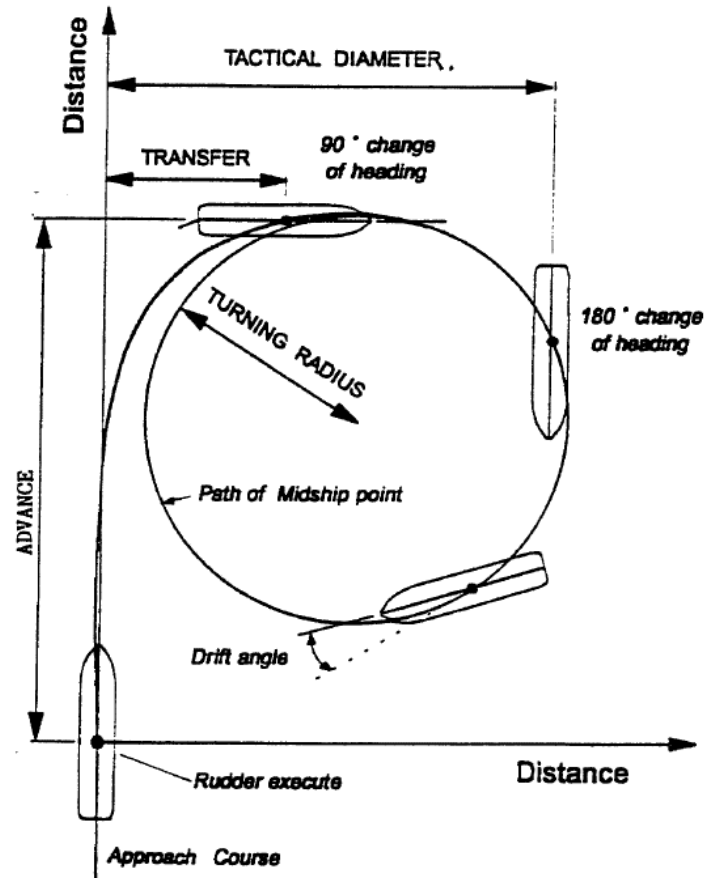
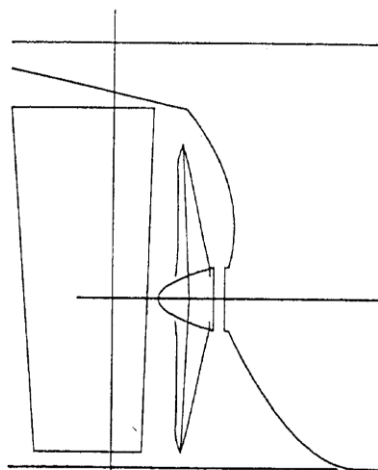


Figura V2/C1-F4: Curva de evolución del buque  
Fuente IMO MSC/Circ 1053



TIMON SUSPENDIDO

Figura V2/C1-F5: Disposición de un codaste abierto con timón suspendido  
Fuente: El proyecto básico del buque mercante

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



El cumplimiento de las recomendaciones de la IMO permite garantizar en la fase de proyecto la capacidad de evolución, la estabilidad de ruta y la facilidad de cambio de rumbo.

Las características de evolución del buque a especificar son:

- Diámetro de giro  $DG \leq 4,641 \text{ LPP}$
- Diámetro táctico o de evolución  $DT \leq 6,115 \text{ LPP}$
- Avance  $AD \leq 2,479 \text{ LPP}$
- Caída  $TR \leq 1,239 \text{ LPP}$
- Capacidad para mantener el rumbo

Se diseñará un timón cuyas dimensiones proporcionen unos valores de las características de evolución dentro del rango de validez de los criterios IMO

La maniobrabilidad del buque viene fijada por 3 criterios fundamentales:

- Facilidad de evolución
- Facilidad de cambio de rumbo
- Facilidad para mantener el rumbo
- 

Estos 3 criterios se cuantifican a través de los valores de la curva de evolución. Así pues la capacidad de evolución del buque se evalúa por medio de los valores de su diámetro de giro y de

su diámetro de evolución o diámetro táctico. La facilidad de cambio de rumbo se analiza mediante la cuantificación del avance y la facilidad para mantener el rumbo se verifica aplicando los criterios de maniobra de zigzag con ángulos de timón de  $10^\circ$  y  $20^\circ$  a cada banda.

Los cálculos y rangos de validez se ciñen a los criterios y reglas establecidos por la IMO.

### **4.2.1.- Facilidad de evolución**

Siguiendo las premisas establecidas en los párrafos anteriores, se calcularán los valores del diámetro de giro y el diámetro de evolución del buque.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 4.2.1.1.- Diámetro de giro

El procedimiento consistirá en imponer el valor del diámetro de giro para obtener el área del timón, comprobando posteriormente que el timón así seleccionado proporciona la adecuada respuesta del buque

$$DG = L_{pp} \left( 4,19 - 203 \cdot \frac{C_B}{DEL R} + 47,4 \cdot \frac{T_{pp} - T_{pr}}{L_{pp}} - 1,3 \cdot \frac{B}{L_{pp}} + \frac{194}{DEL R} - 35,8 \frac{A_R}{L_{pp} \cdot T} + 7,79 \cdot \frac{A_B}{L_{pp} \cdot T} \right)$$

Según los criterios ya expuestos:

$$DG \leq 4,641 L_{pp}$$

Puesto que la eslora entre perpendiculares es  $L_{PP} = 50$  m, resulta un diámetro de giro máximo aceptable de:

$$DG \leq 4,641 \cdot 50 = 232,05 \text{ m}$$

Tomando un margen en el diámetro del 15%, para posibles ajustes posteriores el diámetro máximo aceptable será de

$$DG \leq 232,05 \text{ m} \cdot 0,85 = 197,2 \text{ m} \approx 197 \text{ m}$$

Utilizando DG como dato de entrada se despejará el valor del área del timón,  $A_R$ , que hace posible este diámetro de giro.

$$197 = L_{pp} \left( 4,19 - 203 \cdot \frac{C_B}{DEL R} + 47,4 \cdot \frac{T_{pp} - T_{pr}}{L_{pp}} - 1,3 \cdot \frac{B}{L_{pp}} + \frac{194}{DEL R} - 35,8 \frac{A_R}{L_{pp} \cdot T} + 7,79 \cdot \frac{A_B}{L_{pp} \cdot T} \right)$$

Se efectuará el cálculo para el caso de aguas iguales, que es la situación de mínima inmersión del timón y por tanto el caso más desfavorable. Como datos de cálculo se tomarán los especificados a continuación:

$C_B = 0,758$	$DEL R = 35^\circ$	$TPP = TPR$
$B = 9,5 \text{ m}$	$L_{PP} = 50 \text{ m}$	$T = 3,5 \text{ m}$

A partir de estos datos se despejará el área del timón  $A_R$ , necesaria para el diámetro de giro previsto, dando como resultado:

$$A_R = 8,036 \text{ m}^2$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





### 4.2.1.2.- Diámetro de evolución o diámetro táctico

$$DT = L_{pp} \cdot \left( 0,91 \cdot \frac{DG}{L_{pp}} + 0,234 \cdot \frac{V}{\sqrt{L_{pp}}} + 0,675 \right)$$

Con los datos ya conocidos y el valor del diámetro de giro  $DG=197$  m se obtiene un diámetro táctico de  $DT = 232$  m.

Según la IMO el diámetro táctico no excederá 5 veces la eslora entre perpendiculares. En este caso, la eslora entre perpendiculares es de 50 m, con lo que un diámetro táctico  $DT = 232$  m = 4,65 LPP queda dentro del rango de validez.

Para el análisis del diámetro táctico se parte del valor del diámetro de giro por lo que en estas condiciones el área prevista para el timón a partir del diámetro de giro no necesita ser modificada para el diámetro táctico considerándose válido este valor a efectos de facilidad de evolución.

### 4.2.2.- Facilidad de cambio de rumbo

Se evaluará la respuesta al cambio de rumbo mediante el análisis del parámetro de la curva de evolución denominado avance.

$$ADV = L_{pp} \cdot \left( 0,519 \cdot \frac{DT}{L_{pp}} + 1,33 \right)$$

Dando como resultado:

$$ADV = 186,9 \text{ m}$$

El límite impuesto por la IMO para este factor para considerar aceptable la capacidad de cambio de rumbo del buque es de 4,5 veces su eslora entre perpendiculares:

$$ADV \leq 4,5 \cdot L_{pp} \leq 4,5 \cdot 50 = 225 \text{ m}$$

En este caso resulta  $ADV = 3,73$  LPP, lo que mantiene el parámetro dentro del rango de validez.

Nuevamente el área del timón no necesita ser corregida.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



#### 4.2.3.- Facilidad para mantener el rumbo

Para analizar este parámetro se aplicará el criterio de la IMO [7] basado en el valor del tiempo de respuesta en la maniobra de zigzag. Para ello se aplicará el criterio correspondiente a buques menores de 100 m de eslora

En la primera metida de timón, con ángulo de timón de 10°; el ángulo máximo de rebasamiento no excederá de 25°.

En la segunda maniobra de zigzag se aplica el criterio del tiempo máximo definido como:

$$T_{MAX} = \frac{L_{PP}}{V}$$

Fijándose para un ángulo de timón de 20°, un ángulo de máximo de rebasamiento no mayor de 15° sobre los valores límites fijados de 10° si  $L/V < 10$  s ó 20° si  $L/V > 30$  s; es decir deberá estar comprendido entre 25° y 35°

##### 4.2.3.1.- Primer ángulo de rebasamiento

$$DELO(10/10) = DELR \cdot 2,23 \cdot \left( C_B \cdot \frac{B}{L_{PP}} + 0,14 \right)$$
$$DELO(10/10) = 10 \cdot 2,23 \cdot \left( 0,758 \cdot \frac{9,5}{50} + 0,14 \right) = 6,33^\circ$$

Siendo:

- DELO: Ángulo de rebasamiento en la maniobra Z
- DELR: Ángulo del timón (10° en la primera maniobra)

El valor máximo aceptable del primer ángulo de rebasamiento viene fijado por el tiempo de maniobra requerido:

En este caso el primer ángulo de rebasamiento es:

$$DELO = 6,33^\circ < 25^\circ$$

El cual se encuentra dentro del rango de validez impuesto por la resolución IMO Res 751 (18)

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



#### 4.2.3.2.- Segundo ángulo de rebasamiento

Para el segundo ángulo de rebasamiento se procederá de la misma manera:

$$DELO(20/20) = DELR \cdot 14,29 \cdot \left( C_B \cdot \frac{B}{L_{PP}} - 0,047 \right) = 26,5^\circ$$

El ángulo límite según el criterio IMO es de  $25^\circ$ . Aunque el segundo ángulo de rebasamiento supera el máximo, lo hace en una proporción del 6,6% muy por debajo del 20% de tolerancia que algunos autores [8] consideran aceptable.

En el caso del “Buque Proyecto” el segundo ángulo de rebasamiento se encuentra también dentro del rango de validez del criterio:

$$25^\circ < DELO(20/20) = 26,5^\circ < 35^\circ$$

#### 4.2.4.- Conclusiones respecto a los criterios de maniobrabilidad

Según se ha podido comprobar el buque reúne las condiciones de maniobrabilidad exigidas por la reglamentación.

Como consecuencia de la imposición de los criterios normativos se obtiene un valor del área del timón de  $AR = 8,036 \text{ m}^2$ . Este valor se tomará como dato de entrada para el proyecto del timón.

### 4.3.- PROYECTO DEL TIMÓN

El timón a instalar será un timón colgado, como ya se ha comentado anteriormente. La pala tendrá sección de perfil currentiforme simétrico y dispondrá de área de compensación, haciéndose coincidir el eje del timón con el punto correspondiente al centro de presión del perfil.

Para la completa definición del timón en este epígrafe se partirá del área total de la pala, ya impuesta como resultado de la necesidad de maniobrabilidad del buque.

Los datos a obtener del cálculo para la completa definición del timón son:

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



- Área de compensación de la pala
- Altura de la pala
- Longitud del timón o cuerda
- Posición longitudinal del centro de presión de la pala

Finalmente, se establecerá el valor de la potencia absorbida por el timón. Conocido este valor, es posible dimensionar el servomotor que actúa la pala y su correspondiente potencia hidráulica y como consecuencia, la potencia eléctrica necesaria para alimentar el servo.

Para los cálculos de diseño se seguirán las recomendaciones de la parte 4 “Steering Gear” correspondientes al capítulo 14 de las reglas del DnV referentes a los sistemas de gobierno para buques de eslora inferior a 100 m. Se complementa el cálculo con las reglas de la parte 3, capítulo 3 sección “Stern frames, rudders and steering” y las recomendaciones proporcionadas por IACS en su publicación URS 10.

El material será acero naval siguiendo las recomendaciones del DnV Pt.3 Ch.3 Sec.2B: materiales

El perfil de la pala será un perfil simétrico NACA-Göttingen

### 4.3.1.- Criterio de comprobación del área total de la pala

El área de la pala se fijó en el epígrafe 8.2.1. en  $AR = 8,036 \text{ m}^2$  en función de los requisitos de maniobrabilidad. Se comprobará si cumple con el requisito del DnV para verificar que dispone de un área suficiente para la maniobrabilidad eficaz del buque.

Según DnV:

$$AR_{DnV} = 0,01 \cdot L_{PP} \cdot T \cdot \left( 1 + 50 \cdot C_B^2 \cdot \left( \frac{B}{L_{PP}} \right)^2 \right) = 3,56 \text{ m}^2 \leq AR = 8,036 \text{ m}^2$$

Por tanto se adoptará como área definitiva del timón  $AR = 8,036 \text{ m}^2$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



#### 4.3.2.- Criterios para el dimensionamiento del timón

Las características y dimensiones del timón a instalar en el “Buque Proyecto” se obtendrán como resultado del cumplimiento del conjunto de criterios de compromiso que los diferentes autores publican para la selección previa de las dimensiones del timón.

El proceso de cálculo se resolverá mediante una tabla excel en la que se buscará el conjunto de dimensiones óptimas para la pala. Se toman como datos de entrada para el cálculo el diámetro máximo de la hélice y la superficie de la pala del timón.

$$D_{MAX} = 2.695 \text{ mm}$$

$$AR_{FnV} = AR = 8,036 \text{ m}^2$$

A continuación se definen las dimensiones que permiten definir el timón y se establecen las restricciones de cada una de ellas

##### 4.3.2.1.- Altura del timón

La altura del timón se fijará por el espacio disponible en el codaste. En los cálculos previos se tomó un huelgo  $d$  entre la hélice y la línea base de:

$$d = 101,5 \text{ mm}$$

Teniendo este valor en consideración y puesto que la pala del timón debe encontrarse totalmente sumergida en el chorro de salida de la hélice por lo que su altura no deberá ser inferior al diámetro máximo de esta.

En el caso del “Buque Proyecto”, el diámetro máximo de la hélice a instalar es de  $D_{max} = 2.695 \text{ mm}$ .

Se tomará una altura del timón un cierto porcentaje superior al diámetro máximo de la hélice; teniendo en consideración que en la parte alta del mismo las velocidades de la estela son muy bajas y por tanto el timón trabaja poco.

La altura Se obtiene a partir del diámetro de la hélice, aplicándole un porcentaje de incremento, imponiendo como restricción una altura máxima que no supere la tolerancia admitida, como ya se calculó anteriormente,  $d = 101,5 \text{ mm}$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Por tanto la altura máxima disponible sería  $h = 2.695 + 2 \cdot 101,5 = 2.898$  mm, siendo esta la restricción que limita el tamaño de la pala

### 4.3.2.2.- Longitud o cuerda del timón

La longitud del timón o cuerda del perfil se fija por su relación de aspecto. Según diversos autores [9] la relación de aspecto de la pala debe estar próxima al 1,5, considerándose aceptable que se encuentre comprendida entre 1,4 y 2. Es decir:

$$1,4 \leq \lambda = \frac{h}{c} \leq 2$$

### 4.3.2.3.- Superficie de compensación

Para facilitar la actuación del timón se proveerá de una superficie de compensación cuyo valor estará en torno al 20% del área total de la pala del timón [6].

### 4.3.2.4.- Centro de presión del timón

Es eje del timón se ubicará en la posición correspondiente a centro de presión del timón, tomándose esta coordenada como línea de separación de la superficie de compensación.

El centro de presión de un perfil currentiforme se encuentra a una distancia  $x$  del borde de entrada que se puede considerar en primera aproximación como [10]:

$$x = \frac{c}{4}$$

Para el caso del timón de un buque, diversos autores [8] consideran como satisfactoria en la fase previa de diseño una posición del centro de presión de la pala a una distancia del borde de ataque del timón inferior al 35% de la cuerda; es decir:

$$x_{comp} \leq 0,35 \cdot c$$

La segunda condición incluye la primera, por la que se adoptará esta.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 4.3.2.5.- Espesor máximo del perfil

El espesor máximo del perfil está relacionado con el valor del ángulo de desprendimiento, de manera que habrá un valor del espesor máximo, a partir del cual se generará desprendimiento de flujo dentro del rango de trabajo del mismo.

Puesto que el timón debe trabajar entre  $35^\circ$  y  $-35^\circ$  se buscará un espesor del perfil que no genere desprendimiento del flujo dentro del rango de trabajo, siendo este valor el espesor máximo admisible .

El valor del espesor máximo se obtendrá manteniendo su valor dentro del criterio de validez para la relación espesor cuerda, E [9] siguiente:

$$0,15 \leq E = e/c \leq 2,4$$

Se analizará este parámetro E aplicando la ecuación que da el ángulo de desprendimiento en función de las diferentes características del timón y la hélice. Se fijarán todos estos valores para un ángulo de giro del timón de  $35^\circ$  y las condiciones de proyecto para la hélice [10]

$$\delta_s = 7,11 \cdot (1 + 7 \cdot E) \cdot \left(1 + \frac{125}{\lambda}\right) \cdot \left(1 + 0,048 \sqrt{\ln \left(1 + \frac{8 \cdot K_T}{\pi \cdot J^2}\right)}\right) \cdot \frac{h}{D}$$

El espesor máximo del perfil que constituye la pala el timón resulta pues:

E	$\delta_s$
0,15	27,45°
0,16	28,98°
0,17	29,19°
0,18	30,78°
0,19	31,35°
0,20	32,64°
0,21	33,55°
0,22	34,17°
0,23	35,30°
0,24	36,22°

Tabla V2/C1-T7: Relación espesor-cuerda<sub>0</sub>  
Fuente: elaboración propia



Aunque un valor de la relación espesor-cuerda que garantiza la ausencia de desprendimiento del flujo en la operación del timón es de 0,23, por seguridad se tomará el valor de  $E = 0,24$ .

Puesto que:

$$E = \frac{t}{c}$$

Resulta:

$$t = c \cdot E = c \cdot 0,24$$

### 4.3.3 - Dimensiones del timón

Para obtener las dimensiones del timón se ha construido un Excel que incluye las restricciones impuestas por los diferentes criterios de dimensionamiento, seleccionándose aquella opción que cumple con todas ellas.

Las restricciones aplicadas al cálculo son:

- R1: Restricción por relación de aspecto
- R2: Restricción por altura de pala
- R3: Restricción por coordenada del centro de presión

La altura del timón,  $h$ : Se fija aplicando un porcentaje de tolerancia al diámetro de la hélice.

Para la construcción de la tabla se parte del valor fijado para el área de la pala y del diámetro máximo de la hélice, obteniéndose las restantes dimensiones a partir de estas.

La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

Predicción de Potencia



RESTRICCIONES	DATOS DE PARTIDA		CÁLCULO DE LA ALTURA DEL TIMÓN h		CÁLCULO DE LA CUERDA DEL PERFIL c		CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE COMPENSACIÓN ACOMP		POSICIÓN DEL CENTRO DE PRESIÓN x comp		CÁLCULO DEL ESPESOR t	
	D max hélice (m)	S timón (m <sup>2</sup> )	%D para h	h (m)	λ	c (m)	Factor ACOMP	ACOMP (m <sup>2</sup> )	Factor centro de presión	x comp (m)	E	t (m)
	2,695	8,036	1,00%	2,722	1,400	1,944	20,00%	1,607	25,00%	0,486	0,24	0,467
	2,695	8,036	1,10%	2,725	1,410	1,932	20,00%	1,607	25,15%	0,486	0,24	0,464
	2,695	8,036	1,20%	2,727	1,420	1,921	20,00%	1,607	25,30%	0,486	0,24	0,461
	2,695	8,036	1,30%	2,730	1,430	1,909	20,00%	1,607	25,45%	0,486	0,24	0,458
	2,695	8,036	1,40%	2,733	1,440	1,898	20,00%	1,607	25,60%	0,486	0,24	0,455
	2,695	8,036	1,50%	2,735	1,450	1,887	20,00%	1,607	25,75%	0,486	0,24	0,453
	2,695	8,036	1,60%	2,738	1,460	1,875	20,00%	1,607	25,90%	0,486	0,24	0,450
	2,695	8,036	1,70%	2,741	1,470	1,865	20,00%	1,607	26,05%	0,486	0,24	0,447
	2,695	8,036	1,80%	2,744	1,480	1,854	20,00%	1,607	26,20%	0,486	0,24	0,445
	2,695	8,036	1,90%	2,746	1,490	1,843	20,00%	1,607	26,35%	0,486	0,24	0,442
	2,695	8,036	2,00%	2,749	1,500	1,833	20,00%	1,607	26,50%	0,486	0,24	0,440
	2,695	8,036	2,10%	2,752	1,510	1,822	20,00%	1,607	26,65%	0,486	0,24	0,437
	2,695	8,036	2,20%	2,754	1,520	1,812	20,00%	1,607	26,80%	0,486	0,24	0,435
	2,695	8,036	2,30%	2,757	1,530	1,802	20,00%	1,607	26,95%	0,486	0,24	0,432
	2,695	8,036	2,40%	2,760	1,540	1,792	20,00%	1,607	27,10%	0,486	0,24	0,430
	2,695	8,036	2,50%	2,762	1,550	1,782	20,00%	1,607	27,25%	0,486	0,24	0,428
	2,695	8,036	2,60%	2,765	1,560	1,772	20,00%	1,607	27,40%	0,486	0,24	0,425
	2,695	8,036	2,70%	2,768	1,570	1,763	20,00%	1,607	27,55%	0,486	0,24	0,423
	2,695	8,036	2,80%	2,770	1,580	1,753	20,00%	1,607	27,70%	0,486	0,24	0,421
	2,695	8,036	2,90%	2,773	1,590	1,744	20,00%	1,607	27,85%	0,486	0,24	0,419
	2,695	8,036	3,00%	2,776	1,600	1,735	20,00%	1,607	28,00%	0,486	0,24	0,416
	2,695	8,036	3,10%	2,779	1,610	1,726	20,00%	1,607	28,15%	0,486	0,24	0,414
	2,695	8,036	3,20%	2,781	1,620	1,717	20,00%	1,607	28,30%	0,486	0,24	0,412
	2,695	8,036	3,30%	2,784	1,630	1,708	20,00%	1,607	28,45%	0,486	0,24	0,410
	2,695	8,036	3,40%	2,787	1,640	1,699	20,00%	1,607	28,60%	0,486	0,24	0,408
	2,695	8,036	3,50%	2,789	1,650	1,691	20,00%	1,607	28,75%	0,486	0,24	0,406
	2,695	8,036	3,60%	2,792	1,660	1,682	20,00%	1,607	28,90%	0,486	0,24	0,404
	2,695	8,036	3,70%	2,795	1,670	1,673	20,00%	1,607	29,05%	0,486	0,24	0,402
	2,695	8,036	3,80%	2,797	1,680	1,665	20,00%	1,607	29,20%	0,486	0,24	0,400
	2,695	8,036	3,90%	2,800	1,690	1,657	20,00%	1,607	29,35%	0,486	0,24	0,398

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Predicción de Potencia



	2,695	8,036	4,00%	2,803	1,700	1,649	20,00%	1,607	29,50%	0,486	0,24	0,396
	2,695	8,036	4,10%	2,805	1,710	1,641	20,00%	1,607	29,65%	0,486	0,24	0,394
	2,695	8,036	4,20%	2,808	1,720	1,633	20,00%	1,607	29,80%	0,487	0,24	0,392
	2,695	8,036	4,30%	2,811	1,730	1,625	20,00%	1,607	29,95%	0,487	0,24	0,390
	2,695	8,036	4,40%	2,814	1,740	1,617	20,00%	1,607	30,10%	0,487	0,24	0,388
	2,695	8,036	4,50%	2,816	1,750	1,609	20,00%	1,607	30,25%	0,487	0,24	0,386
	2,695	8,036	4,60%	2,819	1,760	1,602	20,00%	1,607	30,40%	0,487	0,24	0,384
	2,695	8,036	4,70%	2,822	1,770	1,594	20,00%	1,607	30,55%	0,487	0,24	0,383
	2,695	8,036	4,80%	2,824	1,780	1,587	20,00%	1,607	30,70%	0,487	0,24	0,381
	2,695	8,036	4,90%	2,827	1,790	1,579	20,00%	1,607	30,85%	0,487	0,24	0,379
	2,695	8,036	5,00%	2,830	1,800	1,572	20,00%	1,607	31,00%	0,487	0,24	0,377
	2,695	8,036	5,10%	2,832	1,810	1,565	20,00%	1,607	31,15%	0,487	0,24	0,376
	2,695	8,036	5,20%	2,835	1,820	1,558	20,00%	1,607	31,30%	0,488	0,24	0,374
	2,695	8,036	5,30%	2,838	1,830	1,551	20,00%	1,607	31,45%	0,488	0,24	0,372
	2,695	8,036	5,40%	2,841	1,840	1,544	20,00%	1,607	31,60%	0,488	0,24	0,371
	2,695	8,036	5,50%	2,843	1,850	1,537	20,00%	1,607	31,75%	0,488	0,24	0,369
	2,695	8,036	5,60%	2,846	1,860	1,530	20,00%	1,607	31,90%	0,488	0,24	0,367
	2,695	8,036	5,70%	2,849	1,870	1,523	20,00%	1,607	32,05%	0,488	0,24	0,366
	2,695	8,036	5,80%	2,851	1,880	1,517	20,00%	1,607	32,20%	0,488	0,24	0,364
	2,695	8,036	5,90%	2,854	1,890	1,510	20,00%	1,607	32,35%	0,489	0,24	0,362
	2,695	8,036	6,00%	2,857	1,900	1,504	20,00%	1,607	32,50%	0,489	0,24	0,361
	2,695	8,036	6,10%	2,859	1,910	1,497	20,00%	1,607	32,65%	0,489	0,24	0,359
	2,695	8,036	6,20%	2,862	1,920	1,491	20,00%	1,607	32,80%	0,489	0,24	0,358
	2,695	8,036	6,30%	2,865	1,930	1,484	20,00%	1,607	32,95%	0,489	0,24	0,356
	2,695	8,036	6,40%	2,867	1,940	1,478	20,00%	1,607	33,10%	0,489	0,24	0,355
	2,695	8,036	6,50%	2,870	1,950	1,472	20,00%	1,607	33,25%	0,489	0,24	0,353
	2,695	8,036	6,60%	2,873	1,960	1,466	20,00%	1,607	33,40%	0,490	0,24	0,352
	2,695	8,036	6,70%	2,876	1,970	1,460	20,00%	1,607	33,55%	0,490	0,24	0,350
	2,695	8,036	6,80%	2,878	1,980	1,454	20,00%	1,607	33,70%	0,490	0,24	0,349
	2,695	8,036	6,90%	2,881	1,990	1,448	20,00%	1,607	33,85%	0,490	0,24	0,347
R1	2,695	8,036	7,00%	2,884	2,000	1,442	20,00%	1,607	34,00%	0,490	0,24	0,346
	2,695	8,036	7,10%	2,886	2,010	1,436	20,00%	1,607	34,15%	0,490	0,24	0,345
	2,695	8,036	7,20%	2,889	2,020	1,430	20,00%	1,607	34,30%	0,491	0,24	0,343
	2,695	8,036	7,30%	2,892	2,030	1,425	20,00%	1,607	34,45%	0,491	0,24	0,342
	2,695	8,036	7,40%	2,894	2,040	1,419	20,00%	1,607	34,60%	0,491	0,24	0,341
	2,695	8,036	7,50%	2,897	2,050	1,413	20,00%	1,607	34,75%	0,491	0,24	0,339
R2	2,695	8,036	7,60%	2,900	2,060	1,408	20,00%	1,607	34,90%	0,491	0,24	0,338
R3	2,695	8,036	7,70%	2,903	2,070	1,402	20,00%	1,607	35,05%	0,491	0,24	0,337

Tabla V2/C1-T8: Tabla de cálculo de las dimensiones del timón del “Buque Proyecto”  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



Como resultado se obtiene un timón con las siguientes dimensiones:

Tipo de pala: Perfil simétrico NACA-Göttingen

Dimensión	Valor
Área de la pala	AR = 8,036 m <sup>2</sup>
Área de compensación	ACOMP = 1,607 m <sup>2</sup>
Altura de la pala	h = 2,884 m
Cuerda de la pala	c = 1,442 m
Relación de aspecto	λ = 2
Posición del centro de presión	x <sub>comp</sub> = 0,490m
Espesor máximo de la pala	t = 0,3,46 m

Tabla V2/C1-T9: Dimensiones definitivas del timón del “Buque Proyecto”  
Fuente: elaboración propia

#### 4.4.- DIMENSIONAMIENTO DEL SERVOMOTOR DEL TIMÓN

La potencia del servomotor del timón se calculará siguiendo los criterios establecidos en la Parte 4, Capítulo 14, Sección 1 de las Reglas del DnV referentes al sistema de gobierno. En su apartado B401 especifican que el timón deberá girar desde su posición extrema en una banda a 35° de crujía hasta la posición de 30° a la banda contraria en 28s

Por tanto, tomando en consideración el rendimiento mecánico del conjunto y el rendimiento hidráulico del servomotor:

$$Pot = \frac{M \cdot \omega}{\eta_m \cdot \eta_h}$$

Será necesario calcular el par máximo que es necesario vencer con el servo para actuar el timón diseñado en las condiciones de maniobrabilidad previstas y para la condición extrema de giro de banda a banda en 28 segundos exigida por las reglas.

Según [11], en la fase de proyecto inicial el rendimiento total del servomotor se puede estimar en 0,6

M: Par máximo absorbido por el timón

El par máximo absorbido por el timón se calculará para las dos condiciones, navegación adelante y atrás según la recomendación IACS URS 10

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



$$Q_R = C_R r \text{ [Nm]}$$

Siendo:

$C_R$ : Fuerza neta generada en el timón [N]  
 $r$ : Brazo del par [m]

- Navegación avante

$$Q_{R_{avante}} = C_{R_{avante}} r \text{ [Nm]}$$

$C_{R_{avante}}$ : Fuerza neta generada en el timón [N]

$$C_{R_{avante}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot 132 \cdot A \cdot V^2 \cdot K_{th} \text{ [N]}$$

Donde:

$K_1$  = factor función del factor de aspecto. En el caso del “Buque Proyecto”  $\lambda = 2$   $K_1 = (\lambda + 2) / 3 = 4/3 = 1,33$

$K_2 = 1,1$  Para timones NACA-Göttingen en navegación avante

$K_3 = 1$  Para timones fijos ubicados tras el propulsor

$A$ : Área del timón [ $m^2$ ] en el caso del “Buque Proyecto”  $A = 8,036$  en  $m^2$

$V$  = Velocidad máxima de proyecto al calado de verano (Nudos)

$K_{th} = 1$  Para timones fijos ubicados tras el propulsor

Por tanto:

$$C_{R_{avante}} = 1,33 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 132 \cdot 8,036 \cdot 12^2 \cdot 1 = 228.511 \text{ N}$$

$$r_{avante} = c (\alpha - k) \text{ [m]} \quad r_{min} = 0,1c \text{ [m]} \text{ en condición avante}$$

$c$  = cuerda media [m]

$\alpha = 0,33$  en condición avante

$k$  = Factor de compensación Para el “Buque Proyecto”  $k = 20\%$

Por tanto:

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$$r_{\text{avante}} = c (\alpha - k) = 1,442 \cdot (0,33 - 0,2) = 0,18746 \text{ m}$$

En estas condiciones el para absorbido por el timón en navegación avante resulta:

$$QR_{\text{avante}} = CR_{\text{avante}} \cdot r_{\text{avante}} = 228.511 \text{ N} \cdot 0,18746 \text{ m} = 42.836,67 \text{ Nm}$$

- Ciando

$$QR_{\text{atrás}} = CR_{\text{atrás}} r_{\text{atrás}} [\text{Nm}]$$

$CR_{\text{atrás}}$ : Fuerza neta generada en el timón ciando [N]

$$CR = K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot 132 \cdot A \cdot V^2 \cdot Kth [\text{N}]$$

Donde:

$K1$  = factor función del factor de aspecto. En el caso del “Buque Proyecto”  $\lambda = 2$   $K1 = (\lambda + 2) / 3 = 4/3 = 1,33$

$K2 = 0,80$  Para timones NACA-Göttingen en navegación atrás

$K3 = 1$  Para timones fijos ubicados tras el propulsor

$A$ : Área del timón [ $\text{m}^2$ ] en el caso del “Buque Proyecto”  $A = 8,036 \text{ m}^2$

$V$  = Velocidad máxima de proyecto al calado de verano (Nudos)

$Kth = 1$  Para timones fijos ubicados tras el propulsor

Por tanto:

$$CR_{\text{atrás}} = 1,33 \cdot 0,80 \cdot 1 \cdot 132 \cdot 8,036 \cdot 12^2 \cdot 1 = 162.524 \text{ N}$$

$$r_{\text{atrás}} = c (\alpha - k) [\text{m}]$$

$c$  = cuerda media [m]

$\alpha = 0,66$  en navegación atrás

$k$  = Factor de compensación Para el “Buque Proyecto”  $k = 20\%$

Por tanto:

$$r_{\text{atrás}} = c (\alpha - k) = 1,442 \cdot (0,66 - 0,2) = 0,66332 \text{ m}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



En estas condiciones el para absorbido por el timón en navegación atrás resulta:

$$Q_{R_{\text{atrás}}} = C_{R_{\text{atrás}}} \cdot r_{\text{atrás}} = 162.524 \text{ N} \cdot 0,66332 \text{ m} = 107.805,42 \text{ Nm}$$

Para el dimensionamiento del servomotor se tomará la condición mas desfavorable, aquella que exige mayor potencia, que es la condición de navegación atrás como se ha comprobado

$$M = Q_{R_{\text{avante}}} = C_{R_{\text{avante}}} \cdot r_{\text{avante}} = 228.511 \text{ N} \cdot 0,18746 \text{ m} = 42.836,67 \text{ Nm}$$

$\omega$ : Según la regla citada, el timón deberá girar desde su posición extrema en una banda a  $35^\circ$  de crujía hasta la posición de  $30^\circ$  a la banda contraria en 28s. Por tanto el valor máximo del ángulo recorrido de banda a banda será  $35^\circ + 30^\circ = 1,134 \text{ rad}$

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{1,134 \text{ rad}}{28 \text{ s}} = 0,04 \text{ rad/s}$$

$$\eta_t \quad \eta_t = \eta_m \cdot \eta_h = 0,6$$

Por tanto la potencia necesaria para el servo es:

$$Pot = \frac{M \cdot \omega}{\eta_m \cdot \eta_h} = \frac{107.805,42 \text{ Nm} \cdot 0,04 \text{ rad/s}}{0,6} = 7.187 \text{ W} \approx 7,2 \text{ kW}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## REFERENCIAS DEL TEXTO

- [1] Según se calculó en el epígrafe 3 del cuaderno 5 la velocidad de máximo rendimiento del propulsor seleccionado es de 290 rpm.
- [2] “Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte”. Martín Martín, F. E.T.S. I. Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona 2011
- [3] [http://www.zf.com/corporate/en/products/product\\_range/further\\_product\\_ranges/boats/matching\\_tool/matching\\_tool\\_large.html](http://www.zf.com/corporate/en/products/product_range/further_product_ranges/boats/matching_tool/matching_tool_large.html)
- [4] Classification Note 41.4 CALCULATION OF SHAFTS IN MARINE APPLICATIONS FEBRUARY 2007.
- [5] Classification Note 41.4 CALCULATION OF SHAFTS IN MARINE APPLICATIONS FEBRUARY 2007.
- [6] <http://www.wartsila.com/en/seals-bearings-stern-tubes/stern-tubes/oil-and-water-lubricated-stern-tubes-wartsila>
- [7] IMO Res A 751 (18)
- [8] “El proyecto básico del buque mercante”. pp 607. R. Alvariño Castro, J.A. Azpíroz Azpíroz, M. Meizoso Fernández. Fondo Editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Madrid 1997
- [9] “El proyecto básico del buque mercante”. pp 609. R. Alvariño Castro, J.A. Azpíroz Azpíroz, M. Meizoso Fernández. Fondo Editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Madrid 1997
- [10] “Perfiles aerodinámicos en régimen incompresible”. pp 10. Esteban Roncero, Sergio. Departamento de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos, Escuela Superior de Ingenieros, Universidad de Sevilla, Sevilla 2012
- [11] “Hidrodinámica, resistencia y propulsión”. Capítulo 17. Alonso Pardo, B. García López D. Servicio de publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales y Oceánicos. Universidad Politécnica de Cartagena.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## BIBLIOGRAFÍA

“Rules for Classification of ships, Chapter 14 Part 4, MACHINERY AND SYSTEMS - MAIN CLASS, Steering Gear”. Det Norske Veritas. Oslo 2011

“Hidrodinámica, resistencia y propulsión”. Alonso Pardo, B. García López D. Servicio de publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales y Oceánicos. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena 2009

“El proyecto básico del buque mercante”. R. Alvariño Castro, J.A. Azpíroz Azpíroz, M. Meizoso Fernández. Fondo Editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Madrid 1997.

“Proyecto de timones marinos: informe final”. Baquero Mayor, A. Proyecto de investigación P22/75. Asociación de Investigadores de la Construcción Naval. Madrid 1979.

“Further computer analyzed data of the Wageningen b-screw series”. Oosteveld M.W.C., VAN Oossanen P. International Shipbuilding Progress. Rotterdam 1975

“Interim Guidelines for Estimating Manoeuvring Performance in Ship Design”. IMO MSC/Circ. 389. London 1985

“Provision and Display of Manoeuvring Information on Board Ships”. IMO Resolution A.601 (15). London 1987

“Interim Standards for Ship Manoeuvrability”. IMO Resolution A.751 (18). London 1993

“Explanatory Notes to the Interim Standards for Ship Manoeuvrability”. IMO MSC/Circ.644, London 1994

Notas explicativas acerca de las normas sobre maniobrabilidad del los buques. IMO MSC/Circ.1053. Londres 2002

“Standards for Ship Manoeuvrability” ANNEX 6 IMO Resolution MSC.137(76). London 2002

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

[W1] [http://www.zf.com/corporate/en/products/product\\_range/further\\_product\\_ranges/boats/matching\\_tool/matching\\_tool\\_large.html](http://www.zf.com/corporate/en/products/product_range/further_product_ranges/boats/matching_tool/matching_tool_large.html)  
16 – septiembre - 2014

[W2] <http://www.wartsila.com/en/seals-bearings-stern-tubes/stern-tubes/oil-and-water-lubricated-stern-tubes-wartsila>  
22 – septiembre - 2014

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





Capítulo

2.2

## CAPÍTULO 2.2

### Planta propulsora y Cámara de Máquinas

*Una vez conocidas la misión y el perfil operativo del buque y fijadas sus necesidades energéticas así como su demanda de potencia propulsora se procede a dimensionar los equipos y sistemas auxiliares de la planta propulsora y la Cámara de Máquinas necesarios para garantizar el cumplimiento de los objetivos marcados en la fase de dimensionamiento*



## 1.- CRITERIOS GENERALES DEL DISEÑO DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

Los criterios aplicados para el diseño de La cámara de máquinas se corresponden con las recomendaciones publicadas por la IMO en su circular MSC/Circ.834 9 January 1998 “GUIDELINES FOR ENGINE-ROOM LAYOUT, DESIGN AND ARRANGEMENT”

Para el dimensionamiento de los servicios e instalaciones se seguirán las reglas publicadas por DnV así como las del Convenio SOLAS, correspondientes al Capítulo II-1, Parte C, “Machinery Installations”

En lo referente a materiales de los circuitos de tubería y equipos constituyentes de los sistemas objeto de este capítulo se seguirán la recomendaciones publicadas en las reglas de DnV: “RULES FOR CLASSIFICATION OF DET NORSKE VERITAS AS Ships / High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft PART 2 CHAPTER 2: NEWBUILDINGS MATERIALS AND WELDING. Metallic Materials”

En cuanto al dimensionamiento de equipos se definirán aquellos que sea posible especificar con los datos disponibles, tal es el caso del separador de sentinas. En cuanto a otro tipos de unidades como son las bombas se especificará la potencia total a instalar, ya que la selección de la unidad concreta depende de la curva de pérdidas de carga del circuito, la cual es una información no disponible.

## 2.- SERVICIOS AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN

Los servicios auxiliares de la propulsión son aquellos que proporcionan servicio directamente al motor principal y sin los cuales no es factible su operación. Gran parte de estos servicios se comparten con los mismos servicios correspondientes a los MMAA de la planta de generación de energía eléctrica.

En este epígrafe se tratarán globalmente los circuitos que prestan servicios comunes tanto al MP como a los MMAA de la planta de generación de energía eléctrica

Todas aquellas ampliaciones necesarias para garantizar el servicio correspondiente a los MMAA se incluirán en el epígrafe “3.1.- Servicios auxiliares de la planta de generación de energía eléctrica”.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Esta ampliación de los circuitos de tubería auxiliares de la propulsión destinada a servicios propios de los MMAA de la planta eléctrica, se considerarán en primera aproximación a efectos de cálculo de otros servicios propios de la CM, como un servicio de CM.

Así pues, en el caso del “Buque Proyecto” estos son sistemas de tuberías:

- Sistema de combustible
- Sistema de refrigeración
- Sistema de lubricación
- Sistema de aire de arranque
- Sistema de evacuación de gases de combustión del MP

Para la selección de materiales y características que debe reunir la tubería se seguirán las recomendaciones que sobre tubería recogen las Reglas del DnV en su Part 2 Chapter 2 Section 4 “Steel Pipes” en lo referente a tuberías de proceso y las recomendaciones que sobre tubería recogen las Reglas del DnV en su Part 4 Chapter 6 Section 5 “Machinery Piping Systems”.

Los criterios de redundancia de los componentes de los sistemas se aplicarán de acuerdo con la Regla 109 Pt.4 Ch.1 Sec.1, la cual especifica:

<b>Redundancy type</b>	<b>Time lag in re-establishment of function</b>
0	None (continuously available)
1	Up to 30 s
2	Up to 10 minutes
3	Up to 3 hours
not defined	More than 3 hours

En el caso de los sistemas de tuberías auxiliares de la propulsión principal se aplicará a su diseño el criterio de redundancia R2 como se establece en la Pt.4 Ch.6 Sec.5 Rule 103. Se adoptará R2, instalando en todos ellos los sistemas de bombas de manera que proporcionen este nivel de respuesta. No obstante aconsejable en los sistemas auxiliares de la propulsión que el control de los sistemas sea capaz de proporcionar un tiempo de respuesta con un nivel de redundancia R1.

En cuanto a la caracterización de los sistemas y demás criterios de aplicación de seguirán las recomendaciones contenidas en las Reglas del DnV correspondientes a la Pt.4 Ch.1

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



En el diseño de los sistemas de tubería se considerarán, cuando sean necesarios, los siguientes elementos:

- Tubos y manueras flexibles
- Bidas, sus juntas y tornillos
- Elementos de expansión y válvulas
- Bombas

## 2.1. Sistema de combustible

Siguiendo con los criterios de eficiencia económica como consecuencia de la optimización de los diferentes factores, entre ellos el energético, se seleccionará el combustible más conveniente para la operación prevista del buque teniendo en cuenta su impacto en el flujo de caja de la explotación, tal y como se ha expuesto en la selección de criterios de diseño.

El sistema de combustible engloba no solo el conjunto de equipos y tubería que proporcionan servicio al motor principal, también comparte un conjunto de tanques y circuitos de tuberías con

otros sistemas del buque como son los generadores eléctricos o, en caso de existir, la alimentación de los generadores de vapor, entre otros.

Los sistemas energéticos que consumen combustible fósil a bordo del “Buque Proyecto” son:

- Motor principal
- Generadores eléctricos
- Generador de emergencia

### 2.1.1- Elección del combustible a bordo

El “Buque Proyecto” solo dispone de dos sistemas de combustible, el sistema anejo a la propulsión principal y el sistema de alimentación de los generadores eléctricos. Aunque este epígrafe se refiere al diseño del sistema de combustible del motor principal, se hará un análisis del tipo de combustible a usar para la alimentación de los generadores eléctricos, para resolver el sistema global de combustible del buque.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Según MARPOL la Regla 14 el contenido de azufre en el combustible a partir del 1 de enero del 2012 no debe exceder el 3,5 %, llegando este límite al 1,5% para buques operados en dentro de las Emission Control Areas.

Por tanto se seleccionará un tipo de combustible [1] para cada aplicación de entre los existentes en el mercado en función de las opciones disponibles por el fabricante de los motores.

Los tipos de combustible comercialmente existentes son:

- **IFO 380** Intermediate fuel oil with a maximum viscosity of 380 Centistokes
- **IFO 180** Intermediate fuel oil with a maximum viscosity of 180 Centistokes
- **LS 380** Low-sulphur (<1.5%) intermediate fuel oil with a maximum viscosity of 380 Centistokes
- **LS 180** Low-sulphur (<1.5%) intermediate fuel oil with a maximum viscosity of 180 Centistokes
- **MDO** Marine diesel oil.
- **MGO** Marine gasoil

#### 2.1.1.1- Elección del combustible para la propulsión principal

El tipo de combustible es una consecuencia del ciclo del motor seleccionado y de las limitaciones impuestas por MARPOL, tanto en la emisión de SOX desde el punto de vista del combustible como de NOX desde la perspectiva de la ingeniería del motor.

Como se ha visto en el capítulo 2.2, siguiendo las especificaciones del fabricante del motor principal se ha seleccionado como combustible de la propulsión principal, Marine Gas Oil con denominación “MGO”

#### 2.1.1.2- Elección del combustible para la planta de generación de energía eléctrica

El combustible de los generadores eléctricos es en la práctica habitual Marine Gas Oil.

Considerando que la potencia eléctrica instalada en este tipo de buques es sensiblemente inferior a la potencia de la máquina propulsora, y teniendo

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



en cuenta en el caso del “Buque Proyecto”, que el combustible seleccionado para la propulsión principal es MGO; con el objetivo de simplificar la instalación se seleccionará como combustible para la generación de energía eléctrica a bordo el Marine Gas Oil.

2.1.1.3- Elección del combustible para el generador eléctrico de emergencia

Para el generador eléctrico de emergencia se utilizará también MGO, como es práctica habitual

2.1.1.4- Elección del combustible para el buque

El combustible seleccionado para cada uno de los diferentes servicios del “Buque Proyecto” analizados en los epígrafes anteriores es el MGO.

Por tanto, se seleccionará como combustible para la explotación del buque:

**Marine Gas Oil “MGO”**

Esta selección permite una gran simplificación del sistema de combustible así como de su operación asociando al buque en el concepto “Unifuelled Ship”.

2.1.2.- Características generales del sistema de combustible

El sistema de combustible se ajustará a las reglas del DnV correspondientes a la Pt.4 Ch.6 Sec.5-D

Según estas reglas, la velocidad máxima del Diesel Oil (DO) a través de las tuberías tendrá como valor máximo 1 m/s, lo cual una vez definidos los caudales permitirá estimar los diámetros de las tuberías.

Siguiendo las reglas citadas se instalarán dos tanques de servicio diario de combustible. Puesto que el buque es pequeño y sobre la base de la aplicación de los criterios de sencillez se utilizarán los tanques de servicio diario para alimentar el motor principal y los generadores eléctricos simultáneamente.



Al utilizar el buque como único combustible el MGO no se incorporará tanque de sedimentación, alimentándose directamente la depuradora de combustible desde las bombas de trasiego.

El tipo de combustible empleado a bordo no necesita especiales procesos de tratamiento previos a su uso, por lo que se instalará una única depuradora.

Para garantizar la alimentación del tanque de servicio diario en caso de avería de la depuradora se incluye un ramal de by-pass a la descarga de las bombas de trasiego para la alimentación del tanque de S/D en caso de avería de este equipo.

La descarga de agua de la depuradora se efectuará directamente al tanque de aguas oleosas de MARPOL, lo que también simplifica el sistema de tanques del buque

La red de tuberías del sistema se ejecutará en acero al carbono SRJ235.

Para garantizar la resistencia mecánica a la presión de servicio los tubos serán sin costura Sch 40

Se eliminarán las bombas “booster” de baja presión para la alimentación del sistema de combustible al instalar a la altura conveniente el tanque de servicio diario

Los procesos básicos en el sistema de combustible son:

- Recepción y almacenamiento
  - Bocas de recepción de combustible
  - Tanques almacén
  - Bombas de trasiego
- Purificación
  - Tanque de sedimentación
  - Purificadoras de combustible
  - Sistema de calefacción de combustible para las purificadoras
  - Tanque de lodos
  - Bomba de lodos

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



- Alimentación de los receptores
  - Tanques de servicio diario
  - Bombas de baja
  - Sistema de tuberías de retorno

El servicio de combustible está diseñado para suministrar DO al motor principal y a los motores auxiliares y al tanque de combustible del generador de emergencia.

### 2.1.3.- Cálculo de los elementos que componen el sistema de combustible

Los elementos que integran el sistema de combustible del buque deben estar dimensionados para garantizar la autonomía prevista en el proyecto.

En las especificaciones del “Buque Proyecto” en el epígrafe 2.3 “Tráfico al que se destina el buque” del cuaderno 1 se exige que la autonomía sea de 7.500 millas náuticas.

Por tanto todo el sistema de combustible deberá dimensionarse tomando en consideración la propulsión principal y el consumo de los sistemas auxiliares para un viaje de 7.500 millas náuticas

#### 2.1.3.1.- Recepción y almacenamiento del combustible

##### a) Bocas de recepción de combustible

Se instalará una toma de combustible a cada banda del buque para cada tanque almacén. Estarán protegidas por una bandeja anti derrames y dispondrán de tapón roscado de cierre para impedir la entrada de agua durante la navegación.

##### b) Tanque de almacén de DO

Para una autonomía sea de 7.500 millas náuticas, a la potencia continua de 634 bkW (850 bhp) el motor tiene un consumo específico de SFOC = 205 gr/Kw·h





Para el cálculo del consumo de los MMAA, puesto que se desconoce el balance eléctrico y por tanto la potencia de los motores de accionamiento de los generadores, no es posible calcular en este momento el caudal que las bombas de trasiego deben proporcionar.

Para soslayar este problema, en primera instancia se hará una estimación de la potencia eléctrica del buque en función de su tipología.

Diversos autores [2] coinciden en estimar en la fase inicial de proyecto la potencia eléctrica como un porcentaje de la potencia propulsora. Para la tipología del “Buque Proyecto” se puede considerar suficiente en primera aproximación un valor de la potencia eléctrica del buque en torno al 15% del valor total de la potencia efectiva del motor propulsor.

Esta estimación proporciona un valor de la potencia eléctrica del buque de:

$$P_{elec_{est}} = 0,15 \cdot BHP = 0,15 \cdot 634 \text{ Kw} = 95 \text{ Kw}$$

Por tanto la potencia total instalada a bordo será:

$$P_{tot} = BHP + P_{elec} = 634 \text{ Kw} + 95 \text{ Kw} = 729 \text{ kW}$$

Aunque los MMAA tienen un SFOC superior al del motor propulsor, a efectos de cálculo se considerará un SFOC = 205 gr/Kw·h y posteriormente se absorberá esta eventual diferencia en los coeficientes de mayoración del diseño de los tanques.

Por tanto, el consumo de combustible del buque será:

$$\begin{aligned} \text{Consumo horario total del buque} &= (205 \text{ gr/Kw} \cdot \text{h}) \cdot (729 \text{ kW}) \cdot (1 \text{ kg}/1.000 \text{ gr}) \\ &= 150 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

A una velocidad de proyecto de 12 kn la autonomía en horas sería de:

$$\text{Autonomía} = 7.500 \text{ nmiles} / 12 \text{ kn} = 625 \text{ h}$$

Por tanto el combustible necesario a almacenar en los tanques para garantizar la autonomía del buque será:

$$\text{Consumo total del buque s/autonomía} = 150 \text{ kg/h} \cdot 625 \text{ h} = 93,75 \text{ t}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Se acuerdo con los datos proporcionados para los combustibles del tipo Marine Distillate Fuels por la norma ISO8217 (3. ed 2005) se tomará un valor medio de la densidad del combustible a efectos de cálculo de  $\delta = 890 \text{ kg/m}^3$  a una temperatura de  $40^\circ\text{C}$ .

Se tendrá en cuenta un coeficiente de seguridad de dimensionado para los tanques [3] de  $F_{tk} = 10\%$ .

Para un peso específico medio de  $\gamma \approx 0,8399 \text{ t/m}^3$  resulta un volumen total de consumo de combustible de:

$$V_{comb} = 1,1 \cdot \left( \frac{93,75 \text{ t}}{0,8399 \text{ t/m}^3} \right) = 122,78 \text{ m}^3$$

Teniendo en consideración un factor de llenado [4]  $F_{comb} 96\%$  se obtiene como volumen de los tanques almacén de combustible:

$$V_{ta} = 122,78 \text{ m}^3 / 0,96 = 127,89 \text{ m}^3 \cong 130 \text{ m}^3$$

El tanque almacén de combustible se alojará en el espacio del doble fondo de la zona de carga. Este tanque se subdividirá en el número de tanques más conveniente desde el punto de vista de la estabilidad y la resistencia estructural, de manera que la definición del número de tanques y de las cuadernas entre las que se encuentra ubicado se establecerá en el capítulo correspondiente a la estabilidad del buque.

#### 2.1.3.2.- Purificación del combustible

##### a) Tanque de sedimentación

Debido al tipo de combustible utilizado no se incluirá en el sistema de combustible un tanque de sedimentación.

El combustible alimentará directamente la depuradora por medio de las bombas de trasiego.



b) Precalentador de combustible de la separadora de DO

El tipo de combustible seleccionado por el buque no necesita de precalentamiento previo para su tratamiento en la depuradora, por lo que no se instalará este equipo a bordo

c) Selección de la depuradora

El caudal que circula por la purificadora será el volumen total de combustible

$$\begin{aligned}\dot{m}_{bba \text{ trasiego}} &= \text{Consumo total del buque} = 1,1 \cdot \frac{150 \text{ kg/h}}{890 \text{ kg/m}^3} = 0,185 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 185 \text{ l/h}\end{aligned}$$

Se instalará una purificadora Alfa Laval MIB 303 con capacidad máxima para 760 l/h de combustible, cuyo consumo eléctrico es de 800 W

d) Tanque de lodos

Se instalará un tanque de lodos para la descarga de la depuradora. Este tanque forma parte de los sistemas ecológicos del buque, por lo que se estudiará en el epígrafe 6 “SERVICIOS ECOLÓGICOS” del capítulo 2.3

e) Bomba de lodos

La bomba de lodos para la descarga de los residuos oleosos del buque forma parte de los sistemas ecológicos del mismo, por lo que se estudiará en el epígrafe 6 “SERVICIOS ECOLÓGICOS” del capítulo 2.3

2.1.3.3.- Alimentación de receptores

a) Bombas de trasiego

La función de estas bombas es el mantenimiento del nivel de combustible en los tanques de servicio diario.

Esta función se realiza a través de la separadora de combustible.



En caso necesario, se utilizarán para el trasiego del combustible entre los tanques del sistema.

El caudal de cada una de las bombas será función de la cantidad de combustible que es capaz de tratar la separadora centrífuga, la cual debe proporcionar un caudal de combustible suficiente para mantener el nivel en el tanque de servicio diario del MP y del tanque S/D de MMAA.

Para garantizar el caudal necesario durante la operación del buque se establece para ello un factor de seguridad en el trasiego [5]  $F_{st} = 10\%$  que mayor el caudal de combustible necesario para la planta a toda potencia, es decir el motor propulsor a MCR y el consumo de los generadores eléctricos a máxima demanda, garantizando así el suministro.

Puesto que se trata de un servicio esencial del buque, se instalarán dos bombas de husillo en paralelo.

Esta disposición permite mantener el nivel de redundancia R2 previsto para los sistemas esenciales, de esta manera cada una de ellas será de respeto de la otra, por lo que deberán tener capacidad independiente para trasegar el caudal total de combustible necesario, es decir que cada una de ellas deberá tener la capacidad total de trasiego.

La potencia hidráulica demandada por cada bomba será:

$$\begin{aligned}Pot_{BBAT} &= \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{m}_{bba \text{ trasiego}} \\ \dot{m}_{bba \text{ trasiego}} &= F_{st} \cdot \text{consumo horario} = 150 \text{ kg/h} = xx \text{ m}^3/\text{h} \\ \dot{m}_{bba \text{ trasiego}} &= \text{Consumo total del buque} = 1,1 \cdot \frac{150 \text{ kg/h}}{890 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,185 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

En estas condiciones es posible vencer las pérdidas de carga, la diferencia de altura manométrica y proporcionar presión suficiente en entrada de la

depuradora, se estima una presión de descarga de la bomba de 4 bar; considerando despreciable la presión de aspiración.

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



Los fabricantes de establecen un rendimiento hidráulico de la bomba en torno al 45% accionamiento [6]

$$Pot_{BBAT} = \frac{1}{890 \text{ kg/m}^3} \cdot 4 \text{ bar} \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \left( \frac{0,185}{60} \cdot 890 \right) \text{ kg/s} \cdot \frac{1}{0,45} = 2.740,74 \text{ W}$$

$\approx 2,75 \text{ kW}$

Análogamente, considerando un rendimiento eléctrico para el motor de accionamiento [7] del 85% en promedio

Por tanto afectando con los rendimientos al cálculo efectuado se obtendrá la potencia de la bomba y la de su accionamiento:

$$Pot_{ELT} = \frac{2,75}{0,85} = 3,235 \text{ kW}$$

b) Tanque de servicio diario

Siguiendo las instrucciones contenidas en las reglas del DnV se instalarán dos tanques de servicio diario de combustible,

Para simplificar la construcción ambos tanques estarán dispuestos a una altura suficiente sobre los motores para eliminar el uso de bombas de baja presión de alimentación.

Este tanque debe alojar el combustible necesario para alimentar a dos motores auxiliares durante 24 horas y al motor principal durante 3 horas, garantizando las operaciones de entrada y salida de puerto.

Para el dimensionamiento de ambos tanques se toma un factor de seguridad  $F_{\text{tank}} = 10\%$ . Por lo tanto el volumen mínimo de este tanque será:

$$Pot_{MP} = 634 \text{ Kw}$$

$$Pot_{MMAA} = 95 \text{ Kw}$$



Por tanto, el consumo horario de combustible será:

$$\text{Consumo horario del MP} = (205 \text{ gr/Kw}\cdot\text{h}) \cdot (634 \text{ kW}) \cdot (1\text{kg}/1.000 \text{ gr}) := 129,97 \text{ kg/h} \approx 130 \text{ kg/h}$$

$$\text{Consumo horario de los MMAA} = (205 \text{ gr/Kw}\cdot\text{h}) \cdot (95 \text{ kW}) \cdot (1\text{kg}/1.000 \text{ gr}) := 19,475 \text{ kg/h} \approx 20 \text{ kg/h}$$

Considerando el 4% debido a refuerzos internos, el factor de llenado resulta [8] Fvol 96%. El tanque de S/D deberá tener una capacidad de:

$$V_{S/D} = \frac{(24 \cdot 20) + (130 \cdot 3) \text{ kg/h}}{890 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,96} = 0,977 \text{ m}^3 = 1,0177 \text{ m}^3$$

$$V_{S/D} \approx 1 \text{ m}^3$$

Se instalarán dos tanques de 1 m<sup>3</sup> de capacidad en el lugar apropiado de la cámara de máquinas que garantice la eliminación de las bombas de baja.

c) Tanque de reboses y derrames de combustible

Este es el tanque que recoge los reboses y derrames que se producen en operaciones durante el trasiego de combustible, así como las purgas y cualquier otra fuga que se da en este sistema.

Este tanque debe ser capaz de almacenar el equivalente a cinco horas de consumo del motor principal, más un 10%. Por lo tanto el volumen mínimo del tanque de reboses y derrames de combustible será:

$$\text{Consumo horario del MP} = (205 \text{ gr/Kw}\cdot\text{h}) \cdot (634 \text{ kW}) \cdot (1\text{kg}/1.000 \text{ gr}) := 129,97 \text{ kg/h} \approx 130 \text{ kg/h}$$

$$V_{TK \text{ Reboses}} = \frac{130 \text{ kg/h}}{890 \text{ kg/m}^3} \cdot 5 \cdot 1,1 = 0,033 \text{ m}^3 = 33 \text{ l}$$

Debido al muy reducido volumen del tanque de reboses, se utilizará como tal el tanque de lodos

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



- d) Bombas de baja presión “booster” para alimentación de receptores

En aras de la aplicación de criterio de simplificación del diseño se instalarán los tanques de servicio diario con la suficiente altura sobre el motor de manera que no sean necesarias.

- e) Sistema de retorno de combustible

Debido a la sencillez de la instalación, el sistema de retorno de las bombas de inyección del motor se compone de la correspondiente tubería de retorno, la cual descarga directamente al tanque de servicio diario.

## 2.2. Sistema de refrigeración

Se analizarán separadamente el circuito de refrigeración del motor principal y el circuito de refrigeración de los generadores eléctricos.

Es este epígrafe se dimensionará el circuito de refrigeración del MP como un servicio auxiliar de la propulsión, procediendo a dimensionar la refrigeración de los MMAA posteriormente en el epígrafe “3.1.- Servicios auxiliares de la planta de generación de energía eléctrica” como un servicio de Cámara de Máquinas

### 2.2.1 Refrigeración del motor principal

Debido al rango de potencia y tipo de motor se ha elegido para el buque el sistema de refrigeración directa por agua de mar.

#### 2.2.1.1- Características generales del sistema

La solución elegida permite aprovechar el reducido espacio de la cámara de máquinas con la instalación de pequeños intercambiadores individuales para cada servicio específico del motor.

Esta decisión también se encuentra en consonancia con el criterio de mínimo cash flow de operación, ya que la inversión inicial en un sistema de refrigeración directa por agua de mar es generalmente, inferior al de un sistema de refrigeración centralizado.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



En cuanto a los costes de mantenimiento, el pequeño tamaño de los enfriadores permitirá que las labores de limpieza y reparación se puedan ejecutar a bordo por la tripulación, lo cual, en este caso, reduce también los costes correspondientes, abaratando la explotación del buque.

Por tanto el análisis se ceñirá al circuito de agua salda que alimenta los diferentes enfriadores de agua dulce y aceite del motor principal el cual incluye la refrigeración del turbo y la reductora.

#### 2.2.1.2- Elementos del circuito de refrigeración del MP

La motorización propuesta simplifica en gran medida el circuito de refrigeración [9], ya que una gran parte del mismo forma parte integral del motor.

##### a) Enfriador de agua del motor principal

Debido al tamaño del motor, el enfriador de agua forma parte integral de motor. En esta disposición, la bomba de agua dulce esta también integrada

en el motor, por lo que únicamente será necesario el cálculo de la bomba de agua salada

##### b) Tanque de expansión

Forma parte integral del sistema de agua del motor, siendo un suministro del fabricante

##### c) Enfriador de aceite del motor principal

La disposición de enfriador de aceite es similar a la del enfriador de agua, formando igualmente parte integral del motor principal.

De la misma manera, la bomba de aceite forma parte del motor, no siendo necesario su cálculo.



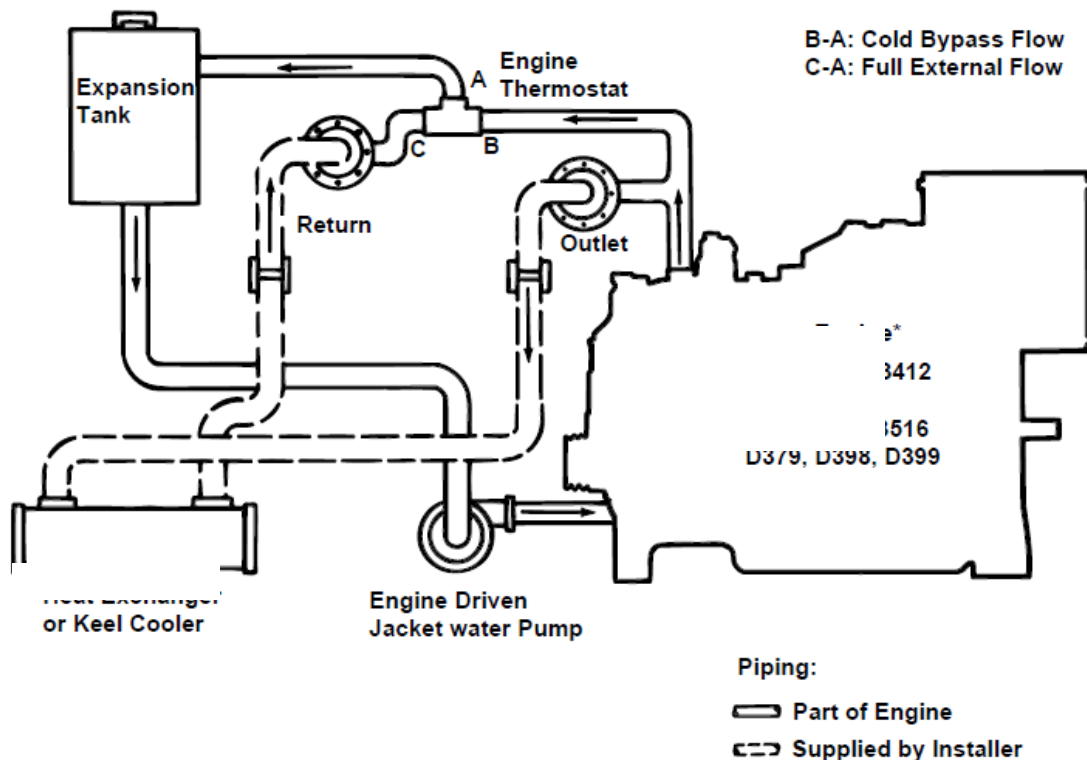


Figura V2/C2-F1: Sistema de refrigeración del motor principal  
Fuente: Caterpillar Installation Guide

d) Bombas de agua salada del circuito de refrigeración del motor principal

Como consecuencia de la disposición del motor, las bombas de refrigeración, y son integrales con el motor, por lo que no necesitan suministro eléctrico externo, circularán agua salada por el enfriador de agua y por el enfriador de aceite del motor, los cuales se disponen en serie

Para mantener el nivel de seguridad y redundancia previstos se dispondrán de dos bombas centrífugas montadas en paralelo, para el sistema de agua salada.

Para dimensionar el caudal de cada una de las bombas se tendrán en cuenta las especificaciones para caudal y presión del fabricante del motor, siendo el caudal recomendado de  $Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$  a una presión  $P = 2,5 \text{ bar}$

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



Por tanto:

$$Pot_{BBA\ AS\ MP} = \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{m}_{bba\ AS\ MP}$$

Se estima un rendimiento hidráulico del 92% y un rendimiento eléctrico del 77%

$$Pot_{BBA\ Los} = \frac{1}{890\ kg/m^3} \cdot 2,5\ bar \cdot 10^5 \frac{N/m^2}{bar} \cdot \left( \frac{50}{3.600} \cdot 890 \right) kg/s \cdot \frac{1}{0,77 \cdot 0,92}$$
$$= 4.901\ W \approx 5\ kW$$

e) Bomba de agua salada para servicio en puerto

Puesto que los generadores eléctricos están refrigerados por aire no se hace necesario instar una bomba de agua salada para puerto.

## 2.3.- SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación del “Buque Proyecto” se subdivide en tres sistemas a su vez en tres sistemas de lubricación, independientes entre sí, los cuales son:

- Lubricación del motor principal
- Lubricación de generadores
- Lubricación del eje de cola

Estos tres sistemas, en el caso del “Buque Proyecto”, se analizarán separadamente.

### 2.3.1.- Características generales del sistema

El sistema se compone de un conjunto de circuitos con funcionamiento independiente entre sí, que comparten como elemento común un solo tanque:

- Tanque de derrames

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 2.3.2.- Elementos de los distintos circuitos de lubricación

Cada circuito posee sus elementos propios, los cuales se definen en los siguientes epígrafes.

#### 2.3.2.1.- Lubricación del motor principal

Al ser un motor de tronco, todo el sistema de lubricación, incluida la refrigeración de aceite es integral con el motor.

Por lo tanto no serán necesarios los elementos propios de otros tipos de motores como pueden ser depuradoras o sistemas de bombeo y circulación externos

#### 2.3.2.2.- Lubricación del eje de cola

La lubricación del eje de cola tiene dos funciones, la de lubricar y refrigerar los cojinetes que soportan el eje.

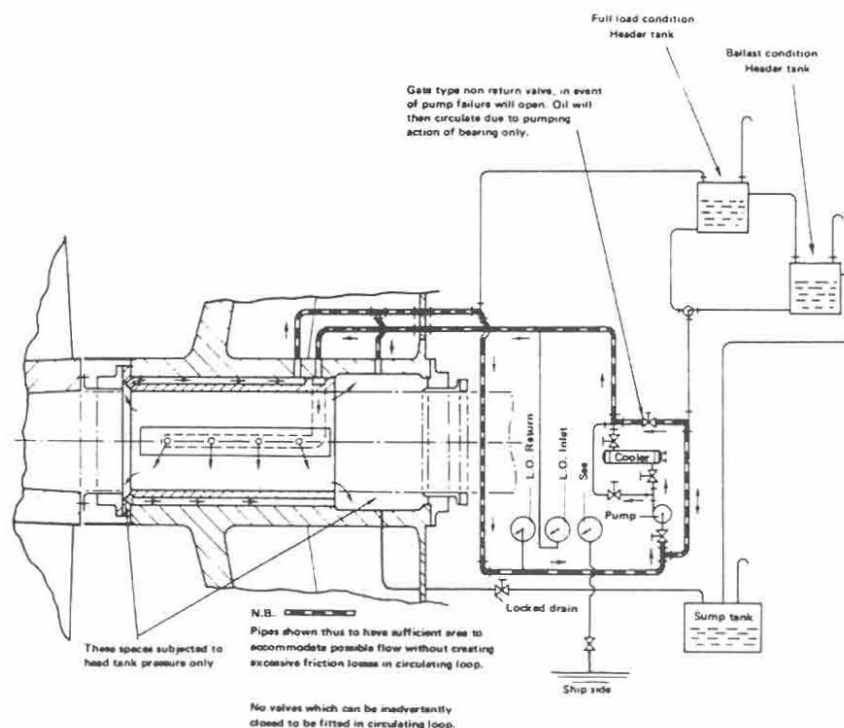


Figura V2/C2-F2: Lubricación del eje de cola  
Fuente: SKF

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



El sistema es sencillo, dispondrá de dos tanques. Un tanque alto que suministra el aceite al eje por gravedad, el cual se recoge en un tanque bajo al que llega también por gravedad al circular por los cojinetes, siendo reenviado desde este último hacia el tanque alto por una bomba de muy pequeña potencia. A efectos del balance eléctrico se puede estimar la potencia de esta bomba en 0,5 kW.

El esquema de funcionamiento de este sistema de lubricación se presenta en la figura Figura V2/C2-F2

#### 2.3.2.3.- Elementos comunes a los sistemas de lubricación del buque

El tanque de aguas oleosas tiene una función medioambiental, de acuerdo con el convenio MARPOL Anexo I, por lo que se definirá en el apartado correspondiente al dimensionamiento de los sistemas ecológicos

El tanque de derrames de aceites está destinado a la recuperación de los aceites que rebosan del tanque almacén de aceite. Debido a la potencia del motor se estima un volumen de este tanque no superior a 1 m<sup>3</sup> y por consiguiente el volumen posible de derrames es reducido. En aras de la simplificación, ambos tanques se unificarán en uno solo, el tanque de

aguas oleosas, cuya ubicación y dimensionamiento se analizará en el epígrafe correspondiente al dimensionamiento de los servicios ecológicos.

Las bombas y elementos auxiliares que acompañan a estos tanques también se dimensionaran en el apartado correspondiente a los servicios ecológicos.

## 2.4.- SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE

El sistema de aire de arranque del buque forma parte de un sistema mas extenso denominado “Sistema de sire comprimido”.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



El sistema de aire comprimido incluye dos servicios, aunque independientes entre sí, su interconexión genera grandes ventajas desde el punto de vista de la seguridad, la redundancia y la eficacia.

Estos dos subsistemas, independientes pero conectados entre sí son, el “Sistema de aire de arranque”, tanto para el motor principal como para los auxiliares y el “Sistema de aire comprimido para servicios de Cámara de Maquinas” que alimenta instrumentos y herramientas, así como otros posibles servicios como sirenas o taller mecánico.

En este epígrafe se va a definir el subsistema denominado “Sistema de aire de arranque”, definiéndose posteriormente el otro subsistema o “Sistema de aire comprimido para servicios de Cámara de Maquinas“, dentro del epígrafe correspondiente a los sistemas de Cámara de Máquinas.

#### 2.4.1.- Servicio de aire de arranque de MP

El sistema de aire de arranque que proporciona este servicio, como su propio nombre indica, esta destinado a la apuesta en marcha del motor propulsor.

El sistema cumplirá con los requisitos exigidos por DnV Rules & Regulations Part 4, Chapter 6, Section 5 I “Pneumatic systems”, tanto en lo que se refiere a características de los equipos como a criterios de diseño y operación, especialmente al número de arrancadas.

En el caso el “Buque Proyecto”, al ser el motor reversible será, de acuerdo con la regla 302 del capítulo citado, de 12 arrancadas.

El sistema de aire de arranque consta de:

- Dos botellas de aire principales  
Cada botella dispondrá de válvulas separadas para cada servicio, una válvula de seguridad tarada a una presión ligeramente superior a la de servicio, un manómetro y un purgador de agua para evacuar los posibles condensados.
- Dos compresores principales  
El sistema de aire comprimido dispondrá de los correspondientes compresores, que irán equipados cada uno de ellos con un sistema de filtrado y purga para

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



eliminar los posibles restos de aceite y agua que se puedan haber generado por condensación

- Un compresor de emergencia

#### 2.4.1.1.- Botellas de aire principales

Según las especificaciones del motor principal, el volumen necesario para el motor principal es de  $0,5 \text{ m}^3$  en cada arrancada con una presión mínima de 9 bar. Esta demanda supone que para arrancar las 12 veces serán necesarios  $6 \text{ m}^3$  a 9 bar.

Se parte de esta condición para el dimensionamiento de las botellas:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Introduciendo la condición de presión en las botellas de aire de arranque exigidas por las reglas del DnV  $P_2 = 30 \text{ bar}$  y fijando la temperatura ambiente de referencia  $T_1 = 300 \text{ K}$ , resulta un volumen de botellas de arranque:

$$V_2 = 0,4372 \text{ m}^3$$

Puesto que son dos botellas, el volumen de cada botella será  $V_{\text{bot}} = 0,4372 / 2 = 0,2186 \text{ m}^3$ . Para garantizar el suministro de aire de arranque en cualquier condición se instalarán dos botellas de aire de arranque de  $0,250 \text{ m}^3$  de capacidad a 30 bar de presión.

#### 2.4.1.2.- Compresores principales

La cantidad de aire debe ser suficiente para 12 arrancadas. Según las especificaciones del motor principal, el volumen necesario para arrancar el motor principal es de  $0,5 \text{ m}^3$ , se tiene que la capacidad total de los compresores debe ser de  $6 \text{ m}^3/\text{h}$ ; por seguridad se dimensionarán ambos compresores con una capacidad de  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ .

La potencia de cada uno de los compresores se estimará considerando el aire como gas ideal:



$$Pot_{comp} = \frac{Z \cdot k \cdot R \cdot T_1}{M \cdot (k - 1)} \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \cdot \dot{m} \cdot \frac{1}{\mu_s} \cdot \frac{1}{\mu_m} \cdot \frac{1}{\mu_e}$$

Siendo:

$$\begin{array}{llll} Z=1; & T_1=300 \text{ K}; & R=8,31 \text{ J/mol}\cdot\text{K}; & M=17,03 \text{ g/mol}; \\ P_2=30 \text{ bar}; & P_1=1 \text{ bar}; & k=c_p/c_v=1,3; & \\ \mu_s=0,75; & \mu_m=0,95; & \mu_e=0,85; & \\ \dot{m}=10 \text{ m}^3/\text{h} & & & \end{array}$$

En estas condiciones la potencia de cada compresor resulta:

$$Pot_{comp} = 13,117 \text{ kW} \approx 13,2 \text{ kW}$$

Debido a que la potencia unitaria no es muy elevada los compresores principales serán refrigerados por aire.

#### 2.4.1.3.- Compresor de aire de emergencia

Se dotará a la instalación de un compresor de emergencia con una capacidad de  $\dot{m} = 7 \text{ m}^3/\text{h}$ , a una presión de descarga de 10 bar. Este

compresor estará interconectado con la red de aire de servicio y podrá rellenar directamente la botella de aire de servicio.

Siguiendo el mismo proceso de cálculo de los compresores principales, la potencia eléctrica del compresor de emergencia es:

$$Pot_{comp-em} = 5,403 \text{ kW} \approx 5,5 \text{ kW}$$

## 2.5.- Sistema de evacuación de gases de combustión del motor propulsor

Para el funcionamiento del motor propulsor es imprescindible el diseño de un sistema de evacuación de gases procedentes de la combustión.

El sistema es de tiro natural, de tipo seco y será independiente de cualquier otro sistema de escape, de manera que se eviten fluctuaciones del flujo de gases que pudieran perjudicar el funcionamiento del motor

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



El motor principal del “Buque Proyecto” dispone de un único turbosoplante, por lo que la disposición general de su sistema de escape tanto se corresponde con la expuesta en la figura V2/C2-F3. Al no tener incluida una caldereta de gases de escape, los gases pasan directamente de la descarga de la turbosoplante al silenciador y de aquí directamente a la atmósfera.

En general, el sistema de escape de un buque consta de:

- Tuberías de exhaustación
- Caldera auxiliar de gases de escape
- Silenciador
- Apaga chispas
- Juntas de expansión
- Sistema de soporte del escape

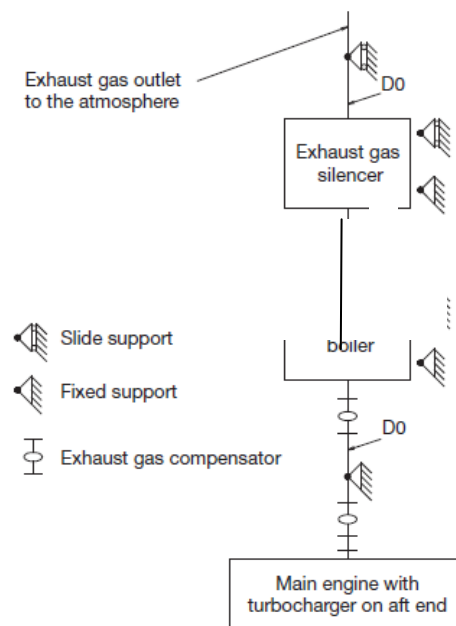


Figura V2/C2-F3: Sistema de escape del “Buque Proyecto”  
Fuente: Elaboración propia

En el caso concreto del “Buque Proyecto” el sistema se ha simplificado al máximo, sin dejar de seguir las recomendaciones del fabricante para este sistema.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





El “Buque Proyecto” no dispone de caldera de gases de escape y debido al tipo de motor seleccionado puede prescindir de apaga chispas y de silenciador; por tanto conjunto de escape está formado por:

- Tuberías de exhaustación
- Juntas de expansión
- Sistema de soporte del escape

Según el fabricante del motor, la contrapresión en el escape a la salida del turbo no debe ser superior a 300 mm.c.a.; por tanto las pérdidas de carga en el conducto de escape mas las asociadas a los equipos interpuestos entre el motor y la descarga no deben superar esta cantidad.

Este valor se calculará siguiendo las recomendaciones de Caterpillar [10] para sistemas de escape.

Como se puede ver en la figura la descarga a la atmósfera terminará en una sección a 45°, lo que reduce la entrada de agua a motor parado.

### 2.5.1.- Conducto de exhaustación

El diseño preliminar del conducto de escape se reduce en esta caso a la definición del diámetro interior del conducto que permita para mantener el valor de la contrapresión dentro de los límites aceptables [11] y que resulta de aplicar la ecuación:

$$D = \sqrt[5]{3.600.000 \cdot \frac{L \cdot S \cdot Q^2}{P}}$$

Siendo:

D: Diámetro interior del conducto de escape (mm)

S: Peso específico de los gases de escape (kg/m<sup>3</sup>)

$$S = \frac{352}{\text{temperatura de escapes} + 273} = \frac{352}{225 + 273} = 0,7 \text{ kg/m}^3$$

Q: Flujo de gases de escape del motor (m<sup>3</sup>/min)  
Según los datos del fabricante en las especificaciones del motor el caudal de gases resulta en condición MCR: Q = 7,21 kg/h·kW  
Por tanto Q = 7,21 kg/h·kW \* 634 kW / 0,7 kg/m<sup>3</sup> = 108,414 m<sup>3</sup>/min

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Propulsora y Cámara de Máquinas



L: Longitud de la tubería en (m)  
Según los planos de disposición general del buque la longitud estimada de La línea de escape es de 12 m

P: Contrapresión límite en kPa  
Según el límite propuesto por el fabricante  $P = 300 \text{ mm.c.a.} = 0,00249 \text{ kPa}$

Por tanto:

$$D = \sqrt[5]{3.600.000 \cdot \frac{L \cdot S \cdot Q^2}{P}} = \sqrt[5]{3.600.000 \cdot \frac{12 \cdot 0,7 \cdot 108,414^2}{0,00249}} = 677,5 \text{ mm} \approx 680 \text{ mm}$$

Se instalará un conducto de escape de 680 mm diámetro interior construido en acero inoxidable AISI 316L.

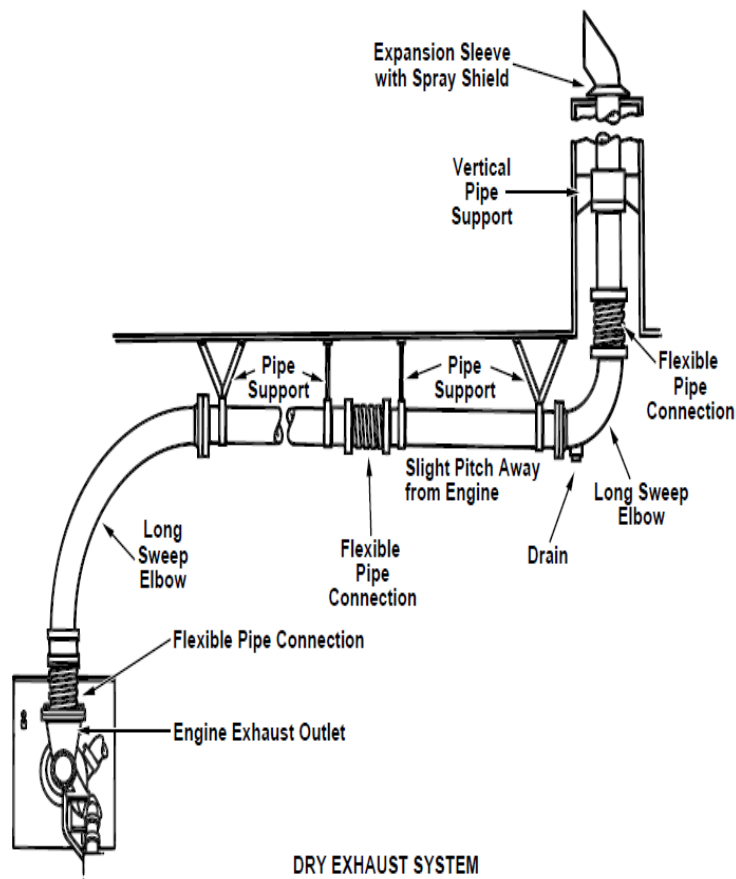


Figura V2/C2-F4: Sistema de escape recomendado por el fabricante del motor  
Fuente: Caterpillar

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 2.5.2.- Dilatadores

El conducto de escape debe montar un conjunto de dilatadores que absorban las variaciones de dimensión según las diferentes condiciones de carga que el motor tiene previstas.

Los dilatadores se seleccionarán de acuerdo con las especificaciones del fabricante, respetando el diámetro del conducto de escape.

### 2.5.3.- Soportes

Los conductos de escape se soportarán de la estructura del buque de manera que estos últimos permitan su dilatación máxima admisible y reduzcan la transmisión de vibraciones al buque.

En todos los casos el conducto se soportará por tramos, de manera que entre los tramos se instalarán dilatadores que ayudarán a soportar tanto la contracción como el alargamiento del conducto debido a las diferencias de temperatura.

En todos los casos uno de los extremos de cada tramo será fijo y el extremo opuesto será flotante, es decir con capacidad para deslizar.

## 3.- SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS

Servicios de cámara de máquinas son aquellos que complementan los servicios de la propulsión, de manera que sin ser esenciales de la propulsión son necesarios para el adecuada operación del buque.

### 3.1.- Servicios auxiliares de la planta de generación de energía eléctrica

La planta de generación de energía eléctrica se definirá tras la evaluación del balance eléctrico del buque, a partir del cual se dimensionarán tanto los generadores como los motores térmicos que los accionan. Como punto de partida se tomará para el valor de la potencia a suministrar por los generadores el 15% de la potencia propulsiva total.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Como ya se vio en el epígrafe 2.1.3.1. b), se ha estimado para esta fase inicial de proyecto la potencia eléctrica en un porcentaje del 15% sobre el valor total de la potencia efectiva del motor propulsor.

Esta estimación proporciona un valor de la potencia eléctrica del buque de:

$$P_{elec_{est}} = 0,15 \cdot BHP = 0,15 \cdot 634 \text{ Kw} = 95 \text{ Kw}$$

La planta de generación, al ser un buque con capacidad de navegación oceánica, deberá estar constituida por tres generadores, de los cuales hay siempre uno en stand-by, por lo que a efectos de cálculo de los servicios de Cámara de Máquinas se considerará una planta de generación eléctrica constituida por dos generadores en funcionamiento continuo simultáneo, en la que cada uno de ellos tendrá potencia unitaria estimada de 50 kW,

Este valor se establecerá definitivamente en el capítulo 2.4 de este volumen una vez resuelto el balance eléctrico, en cuyo momento se harán las correcciones oportunas si fuesen necesarias.

Debido al reducido valor de la potencia unitaria, los motores de accionamiento de los generadores eléctricos serán compactos, de 4 tiempos alimentados por M.G.O tal y como se decidió al definir el combustible del buque.

### 3.1.1.- Servicio de combustible de MMAA

En aras de la máxima simplificación del sistema de combustible, los MMAA se alimentarán de combustible desde el mismo tanque de S/D que se alimenta el MP, tal y como se definió en el epígrafe 2.1.3.3. de este capítulo

Se conectará independientemente cada uno de los MMAA con el tanque de S/D, estando el retorno de combustible absorbido por la propia bomba del motor, por lo que no es necesario conectar estos motores al colector de retornos del buque

### 3.1.2.- Refrigeración de los motores de los generadores eléctricos

Debido a la pequeña potencia de los motores que accionan los generadores eléctricos y a su concepción integral serán refrigerados por aire mediante un ventilador accionado por el propio motor que circula aire a través de su radiador

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La refrigeración por aire implica el uso del aire ambiente de la cámara de máquinas, aspecto a considerar en el momento de evaluar la ventilación en cámara de máquinas.

En el dimensionamiento del sistema de ventilación se analizará la incorporación de conductos de impulsión de aire en la zona de los generadores.

### 3.1.3.- Lubricación de los motores auxiliares

De la misma manera que en el caso del motor principal, al ser un motor de tronco, todo el sistema de lubricación, incluida la refrigeración de aceite es integral con el motor.

### 3.1.4.- Sistema de arranque de MMAA

Su escaso empacho justifica el arranque por medio de batería, la cual forma parte integral del motor siendo cargada por el alternador que va montado en el motor a través del correspondiente puente de rectificadores y resultando por tanto independiente de otros sistemas del buque.

## **3.2.- Servicio de ventilación y extracción de la cámara de máquinas**

Para el cálculo del sistema de ventilación de la cámara de máquinas se seguirá la norma ISO 8861 “Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel. Requisitos de diseño y bases de cálculo”

En general la ventilación de la cámara de máquinas se subdivide según los distintos espacios que la componen, como son el local de depuradoras, la sala de compresores y el pañol del servo. En el caso del “Buque Proyecto” se ha optado por una sala de máquinas integral, estando únicamente separado de ésta el pañol del servo.

### 3.2.1 Flujo de aire para la sala de máquinas

El flujo de aire de la cámara de máquinas aborda dos aspectos, la aportación de aire para la alimentación de los equipos que contiene y la refrigeración del ambiente.



En el cálculo de la ventilación hay que considerar que la cámara de máquinas es un espacio estanco y por tanto habrá de contar también con la extracción, de manera que se conserven las condiciones ambientales previstas en su interior.

El aire de impulsión para combustión se distribuirá convenientemente en las aspiraciones de las máquinas que lo requieran. La extracción se tomará de las partes altas y de aquellas zonas que, por su configuración, puedan necesitarlo.

Se considerará, para los cálculos, una temperatura ambiente en la cámara de máquinas de 35°C y los requisitos de aire debido a la disipación de calor se calcularán para un incremento de 12,5 °C de la temperatura

#### 3.2.1.1.- Caudal de impulsión

El caudal de aire que es necesario impulsar en la cámara de máquinas,  $Q$  [m<sup>3</sup>/h], según la norma, ya citada, ISO 8861 será el valor más alto entre los dos siguientes:

$$Q = q_c + q_h$$

$$Q = 1,5 \cdot q_c$$

Siendo:

$q_c$  flujo de aire para la combustión

$q_h$  flujo de aire para evacuación de la emisión de calor

Se calculan a continuación los dos flujos de aire.

a)  $q_c$  flujo de aire para la combustión

La demanda total de aire para la combustión es la suma de la demanda individual de cada uno de los equipos que queman combustible:

$$q_c = q_{CMP} \frac{m^3_{(aire)}}{h} + q_{CMA} \frac{m^3_{(aire)}}{h} + q_{CAL} \frac{m^3_{(aire)}}{h}$$

Siendo  $q_{CMP}$  el caudal necesario para alimentar el motor propulsor y  $q_{CMA}$  el caudal de aire que demandan los motores de los generadores eléctricos.



El consumo de aire promedio de un motor Diesel, como es el caso del motor principal es de 14,65 gramos de aire por gramo de combustible. En condiciones de máxima potencia, según las especificaciones del fabricante,

el consumo específico del motor propulsor tiene un valor de SFOC MP = 205,3 gr/kW·h, lo que supone 155,1l/h.

En estas condiciones, considerando como valor del peso específico del aire  $\gamma_{\text{AIRE}} = 1,13 \text{ kg/m}^3$ , resulta un caudal de aire  $q_{\text{CMP}}$ :

$$q_{\text{CMP}} = 14,65 \frac{\text{gr}_{(\text{aire})}}{\text{gr}_{(\text{comb})}} \cdot 205,3 \frac{\text{gr}_{(\text{comb})}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 634 \text{ kW} \cdot \frac{1}{1,13 \text{ kg/m}^3}$$
$$= 1.687,47 \frac{\text{m}^3_{(\text{aire})}}{\text{h}}$$

Para los motores de los generadores eléctricos se tomará como valor promedio del consumo específico SFOC MMAA = 210 gr/kW·h, para una potencia de cada motor en torno a los 50 kW, lo que supone una potencia total instalada de 150 kW. Por tanto, el caudal de aire necesario para la combustión de los generadores  $q_{\text{CMA}}$  queda:

$$q_{\text{CMA}} = 14,65 \frac{\text{gr}_{(\text{aire})}}{\text{gr}_{(\text{comb})}} \cdot 210 \frac{\text{gr}_{(\text{comb})}}{\text{kW} \cdot \text{h}} \cdot 150 \text{ kW} \cdot \frac{1}{1,13 \text{ kg/m}^3}$$
$$= 408,38 \frac{\text{m}^3_{(\text{aire})}}{\text{h}}$$

El “Buque Proyecto” no dispone de calderas por lo que  $q_{\text{CAL}}$  tiene valor nulo.

Finalmente, la demanda total de aire para la combustión resulta:

$$q_c = q_{\text{CMP}} \frac{\text{m}^3_{(\text{aire})}}{\text{h}} + q_{\text{CMA}} \frac{\text{m}^3_{(\text{aire})}}{\text{h}}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$$q_c = 1.687,47 \frac{m^3_{(aire)}}{h} + 408,38 \frac{m^3_{(aire)}}{h} = 2.095,85 \frac{m^3_{(aire)}}{h}$$

Se tomará como dato final redondeado:

$$q_c = 2.100 \frac{m^3_{(aire)}}{h} = 0,583 \frac{m^3_{(aire)}}{s}$$

b)  $q_h$  flujo de aire para evacuación de la emisión de calor

El cálculo del caudal de aire necesario para la evacuación del calor generado por las máquinas resulta de la aplicación de la ecuación:

$$q_h = \frac{\phi_{MP} + \phi_{MA} + \phi_{CDT} + \phi_{CAL} + \phi_{TUB} + \phi_{EL} + \phi_{ES} + \phi_{TK} + \phi_O}{\gamma_{AIRE} \cdot c \cdot \Delta T - 0,4(q_{CMP} + q_{CMA}) - q_{CAL}}$$

Siendo:

$\phi_{MP}$ : Emisión de calor del motor diesel principal

$$\phi_{MP} = 0,141 \cdot P^{0,76} = 0,141 \cdot 634^{0,76} = 19 \text{ kW}$$

$\phi_{MA}$ : Emisión de calor de los motores diesel de los generadores eléctricos

$$\phi_{MA} = 0,141 \cdot P^{0,76} = 0,141 \cdot 150^{0,76} = 6,35 \text{ kW}$$

$\phi_{CDT}$ : Emisión de calor de la caldereta auxiliar

El “Buque Proyecto” no dispone de caldereta de gases debido al reducido valor de su potencia propulsora, por lo que este término resulta nulo.

$$\phi_{CDT} = 0$$

$\phi_{CAL}$ : Emisión de calor de Los generadores de vapor

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





El “Buque Proyecto” no dispone de generadores de vapor, por lo que este término resulta nulo.

$$\emptyset_{CAL} = 0$$

ØTUB: Emisión de calor de las tuberías de vapor y condensado

El “Buque Proyecto” no dispone de tuberías de vapor y condensado, por lo que este término resulta nulo.

$$\emptyset_{TUB} = 0$$

ØEL: Emisión de calor del sistema eléctrico

Se estima para este factor un 20% de la potencia de régimen de los generadores.

Puesto que según SOLAS dos generadores en funcionamiento simultáneo deberán absorber el total de la potencia eléctrica en servicio del buque, se considerará la potencia máxima estimada de los dos generadores, tal y como se especificó en el cálculo del caudal de aire de combustión.

$$\emptyset_{EL} = 0,2 \cdot 2 \cdot Pot_{gen} = 0,2 \cdot 2 \cdot 50 = 20 \text{ kW}$$

ØES: Emisión de calor de las tuberías de escape

Se estima para este factor un 5% de la potencia total instalada.

$$\emptyset_{ES} = 0,05 \cdot Pot = 0,05 \cdot (Pot_{MP} + Pot_{gen}) = 36,7 \text{ kW}$$

ØTK: Emisión de calor de los tanques de calefacción

El “Buque Proyecto” no dispone de tanques de calefacción ya que su combustible no lo requiere, por lo que este término resulta nulo.

$$\emptyset_{TK} = 0$$

ØO: Emisión de calor de otros componentes

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Se estima para este factor un 5% de la potencia del motor principal.

$$\phi_{ES} = 0,05 \cdot Pot_{MP} = 0,05 \cdot 634 = 31,7 \text{ kW}$$

El resto de los factores resultan:

$$\gamma_{AIRE} = 1,13 \text{ kg/m}^3$$

$c_p$ : Calor específico del aire a presión constante  
 $c_p = 1,3 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

$\Delta T$ : El salto térmico según la norma citada será de 12,5 K

Sustituyendo los resultados de los factores en la ecuación general resulta:

$$q_h = \frac{19 + 6,35 + 0 + 0 + 0 + 20 + 36,7 + 0 + 31,7}{1,13 \cdot 1,3 \cdot 12,5} - 0,4(1.687,47 + 408,38) - 0$$

$$q_h = 6,19 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - 0,231 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 5,95 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Una vez calculados los caudales de aire necesarios para la combustión y para la evacuación de calor, se evalúan las dos opciones que propone la norma:

$$Q = q_c + q_h = 0,583 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} + 5,95 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 6,533 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 1,5 \cdot q_c = 1,5 \cdot 0,583 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0,874 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Se fija como valor del caudal de aire a aportar a la cámara de máquinas:

$$Q = 6,533 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



### 3.2.1.2 Ventiladores de cámara de máquinas

Se instalarán 4 ventiladores de impulsión en dos grupos de dos unidades, de los cuales uno de cada grupo es de reserva, de tal modo que cada uno de ellos impulsa el 50% del caudal total requerido.

Para mantener una ligera sobrepresión en la cámara de máquinas se seleccionarán los ventiladores para que proporcionen una presión diferencial de 50 mm.c.a por encima de la presión atmosférica.

En caso de fallo de todos los ventiladores o extractores se recurrirá a la ventilación natural, para lo que se dispondrán rejillas en el guardacalor.

La potencia absorbida por el ventilador será

$$Pot_{vent} = \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}$$

Se estima un rendimiento hidráulico del 65% y un rendimiento eléctrico del 75%

$$\vartheta_{vent} = \frac{1}{1,13 \text{ kg/m}^3} = 0,884 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta P = 50 \text{ mm. c. a.} = 490,5 \text{ N/m}^2$$

$$\dot{Q} = \frac{6,533 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = 3,266 \text{ m}^3/\text{s} = 3,691 \text{ kg/s}$$

Considerando los rendimientos, la potencia eléctrica que absorbe cada ventilador de impulsión resulta

$$Pot_{vent} = \frac{\vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}}{\mu_e \cdot \mu_h} = \frac{0,884 \cdot 490,5 \cdot 3,691}{0,65 \cdot 0,77} = 3,197 \text{ kW}$$

La aspiración de los ventiladores se efectuará a través de los correspondientes manguerotes y su descarga se dirigirá a la aspiración del turbo del motor principal y a la zona de instalación de los generadores eléctricos.

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.1.3 Extractores de cámara de máquinas

Los extractores de cámara de máquinas se dimensionarán para mantener en el interior de la cámara de máquinas la sobrepresión interior prevista de 50 mm.c.a. de manera que la cámara de máquinas se mantenga en sobrepresión constante respecto del exterior.

El cálculo es idéntico al de los ventiladores de impulsión y su número y disposición será también similar, es decir cuatro extractores con dos de ellos en servicio y los otros dos en stand-by

La potencia de los extractores será la misma que la de los ventiladores, ya que la sobrepresión prevista es pequeña. Esta se mantendrá en el interior de la cámara de máquinas con el ajuste del caudal de extracción en función de la velocidad del flujo de extracción mediante la adaptación de la sección

de los conductos de extracción; la cual está en torno a un 5% por debajo de la sección de los conductos de impulsión para la sobrepresión prevista.

Por tanto:

$$Pot_{extractor} = 3,197 \text{ kW}$$

### 3.2.2.- Flujo de aire para el local del servo

El local del servo es un espacio de máquinas separado de la cámara de máquinas, tal y como se aprecia en el plano de disposición general del buque.

Siguiendo las recomendaciones de la normativa, el flujo de aire en el local del servo deberá ser de 10 renovaciones de su volumen total cada hora.

El volumen aproximado de este local es  $V_{servo} = 60 \text{ m}^3$ , por tanto el caudal de aire que es necesario mover resulta  $Q_{servo} = 600 \text{ m}^3/\text{h}$

En el caso del servo, como local de máquinas, se mantendrá también la diferencia de presión de 50 mm.c.a con el exterior tal y como se hizo en el cálculo de los ventiladores de la cámara de máquinas.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.2.1 Ventiladores del local del servo

Se instalarán 2 ventiladores de impulsión, uno de los cuales es de reserva, de tal modo que cada uno de ellos impulsa el 100% del caudal total requerido.

En caso de fallo de todos los ventiladores o extractores se recurrirá a la ventilación natural, para lo que se dispondrán dos manguerotes.

La potencia absorbida por el ventilador será

$$Pot_{vent} = \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}$$

Se estima un rendimiento hidráulico del 65% y un rendimiento eléctrico del 75%

$$\vartheta_{vent} = \frac{1}{1,13 \text{ kg/m}^3} = 0,884 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta P = 50 \text{ mm. c. a.} = 490,5 \text{ N/m}^2$$

$$\dot{Q} = 600 \text{ m}^3/\text{h} = 0,166 \text{ m}^3/\text{s} = 0,188 \text{ kg/s}$$

Considerando los rendimientos, la potencia eléctrica que absorbe cada ventilador de impulsión resulta

$$Pot_{vent} = \frac{\vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}}{\mu_e \cdot \mu_h} = \frac{0,884 \cdot 490,5 \cdot 0,188}{0,65 \cdot 0,77} = 0,163 \text{ kW}$$

La aspiración de los ventiladores se efectuará a través de los correspondientes manguerotes.

### 3.2.2.2 Extractores del local del servo

El cálculo es idéntico al de los ventiladores de impulsión y su número y disposición será idéntico, es decir dos extractores con uno de ellos en servicio y otros en stand-by



La potencia de los extractores será la misma que la de los ventiladores, ya que la sobrepresión prevista es pequeña, Esta se mantendrá en el interior de la cámara de máquinas con el ajuste del caudal de extracción en función de la velocidad del flujo de extracción mediante la adaptación de la sección de los conductos de evacuación; la cual está en torno a un 5% por debajo de la sección de los conductos de impulsión para la sobrepresión prevista.

Por tanto:

$$Pot_{extractor} = 0,163 \text{ kW}$$

### 3.3.- Servicios hidráulicos

En el “Buque Proyecto” se han previsto dos unidades hidráulicas, una para el accionamiento de la pala del timón y otra para el accionamiento de los medios de amarre y fondeo.

Cualquier otro equipo electrohidráulico necesario a bordo se dimensionará en el apartado correspondiente al dispositivo que acciona.

#### 3.3.1.- Accionamiento hidráulico de la pala del timón.

En el epígrafe 3.4 de este mismo volumen, “DIMENSIONAMIENTO DEL SERVOMOTOR DEL TIMÓN” se calculó la potencia necesaria para el servomotor de accionamiento de la pala del timón.

Esta se calculará siguiendo los criterios establecidos en la Parte 4, Capítulo 14, Sección 1 de las Reglas del DnV referentes al sistema de gobierno.

En este mismo epígrafe se concluyó que la potencia eléctrica necesaria para el accionamiento del servomotor del timón es de:

Por tanto la potencia necesaria para el servo es:

$$Pot_{elect-servo} = 7,2 \text{ kW}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.3.2.- Accionamiento hidráulico de los medios de amarre y fondeo

El accionamiento hidráulico de los medios de amarre y fondeo se dimensionará en el epígrafe correspondiente del capítulo 2.3 “Equipo y servicios del buque”. Las unidades “Power-Pack” así definidas se instalarán lo más cerca posible de los receptores hidráulicos; lo que supone que se encontrarán fuera de los espacios de máquinas.

## 3.4.- Sistemas de agua dulce en cámara de máquinas

A bordo del “Buque Proyecto” existen dos sistemas de agua dulce:

- Agua potable
- Agua destilada para servicios
  - Agua destilada para servicios sanitarios
  - Agua destilada para servicios generales de Cámara de Máquinas

En el diseño del sistema de agua dulce se separarán el agua potable del agua destilada para servicios.

El sistema de agua potable se definirá en el epígrafe 5.4.1. del capítulo 2.3 correspondiente al diseño de los servicios sanitarios de la habitación.

El sistema de agua destilada para servicios sanitarios debido a que su uso está directamente relacionado con las condiciones higiénicas de la tripulación, se definirá, al igual que el sistema de agua potable, en el epígrafe correspondiente al diseño de la habitación.

El sistema se definirá en el epígrafe 5.4.2. del capítulo 2.3 correspondiente al diseño de los servicios sanitarios de agua dulce no potable de la habitación. Incluirá todos los elementos complementarios que le son propios como:

- Tanque hidróforo
- Bombas de agua dulce sanitaria
- Electrobomba para el suministro de agua dulce sanitaria caliente
- Equipo evaporador para generación de agua dulce

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



En lo referente al agua destilada para servicios generales de cámara de máquinas se describe en el siguiente epígrafe de este mismo capítulo.

Igualmente que en el resto del buque, los sistemas de tuberías de agua dulce cumplirán con los requisitos exigidos por las reglas del DnV en su Parte 4 Capítulo 6

### 3.4.1.- Sistema de agua destilada para servicios generales de cámara de máquinas

El circuito de agua dulce para sistemas de cámara de máquinas está destinado al suministro de agua a calderas y al relleno los circuitos de agua de refrigeración de motores.

En el caso del “Buque Proyecto”, no existen calderas y el relleno del tanque de compensación del motor propulsor, al ser este integral con el motor, se hace de forma manual.

Por tanto el sistema de agua destilada en cámara de máquinas queda reducido al sistema de generación de agua y al correspondiente tanque de almacenamiento, a partir del cual se alimentarán los circuitos de agua de la habilitación. Por tanto, el sistema de generación de agua dulce del Buque Proyecto se definirá en el epígrafe 5.4 del capítulo 2.3 correspondiente al diseño de los servicios sanitarios de agua dulce no potable de la habilitación.

Las necesidades de agua destilada de la Cámara de Máquinas se estimarán en un 5% de la producción total de agua destilada para usos sanitarios, incrementándose la capacidad de producción del evaporador en esta cantidad para garantizar el eventual suministro máquinas de agua dulce para servicios.

### 3.5.- Sistemas de evacuación de gases de combustión de equipos instalados en la cámara de máquinas

Complementariamente al sistema de ventilación de la cámara de máquinas es imprescindible el diseño de un sistema de evacuación de gases procedentes de la combustión de los distintos equipos instalados en su interior que así lo requieren.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





En el epígrafe 2.5 se analizó el sistema de escape del motor principal, por lo que ahora se abordará, desde el punto de vista de un servicio de cámara de máquinas, el análisis de los diferentes circuitos de evacuación, los cuales son:

- Exhaustación de calderas
- Exhaustaciones de los motores auxiliares
- Exhaustación del generador diesel de emergencia
- Exhaustación del incinerador

El “Buque Proyecto” no dispone de calderas ni, como se verá más adelante de incinerador de basuras.

El motor Diesel de emergencia por requisitos de SOLAS ch II-2 se encuentra ubicado fuera de la cámara de máquinas y por encima de la cubierta de cierre, por lo que su sistema de escape no irá por la chimenea a través del guardacalor; de la misma manera que habrá que dimensionar adecuadamente la ventilación del espacio en el que será ubicado.

Esta exigencia obliga a buscar la localización más conveniente para este generador, el cual generalmente se ubica en las inmediaciones del pañol del contramaestre sobre el rasel de proa.

Por tanto el sistema de evacuación de gases de combustión en cámara de máquinas queda reducido a: la exhaustaciones de los motores auxiliares.

En el caso del “Buque Proyecto”, tanto su potencia y por tanto su empacho se definirán en la sección correspondiente a la parte eléctrica del buque, en cuyo momento se resolverá el ruteado de los sistema de escape de los MMAA en función de la ubicación seleccionada en la Cámara de Máquinas.

### 3.5.1.- Exhaustaciones de los motores auxiliares

Los escapes de los motores auxiliares tendrán la misma morfología que el escape del motor principal a diferencia del diámetro necesario del conducto de escape; siendo por los tanto aceptables las premisas fijadas para el diseño de los soportes y dilatadores.

Todos los motores tendrán un único conducto de escape propio del motor

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



También el ruteado de la línea de escape de los MMAA, con independencia de su ubicación en la Cámara de Máquinas, al igual que la del motor principal se hará por la chimenea del buque a través del guardacalor directamente desde la ubicación de cada generador en la Cámara de Máquinas

En el epígrafe 3.1.1.1 para el cálculo del caudal de aire necesario para la combustión se estimó una potencia efectiva unitaria de cada motor primario de los generadores eléctricos de 50 kW. Este valor es el que se va a aplicar para el cálculo del diámetro de la línea de escape de cada generador.

Siguiendo la metodología aplicada en el epígrafe 2.5.1 para el cálculo del diámetro interior del conducto de escape del motor principal resulta:

$$D = \sqrt[5]{3.600.000 \cdot \frac{L \cdot S \cdot Q^2}{P}}$$

Siendo:

D: Diámetro interior del conducto de escape (mm)

S: Peso específico de los gases de escape ( $\text{kg/m}^3$ )

$$S = \frac{352}{\text{temperatura de escapes} + 273} = \frac{352}{225 + 273} = 0,7 \text{ kg/m}^3$$

Q: Flujo de gases de escape del motor ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

Según los datos del fabricante en las especificaciones del motor

el caudal de gases resulta en condición MCR:  $Q = 7,21 \text{ kg/h} \cdot \text{kW}$

Por tanto  $Q = 7,21 \text{ kg/h} \cdot \text{kW} \cdot 50 \text{ kW} / 0,7 \text{ kg/m}^3 = 8,58 \text{ m}^3/\text{min}$

L: Longitud de la tubería en (m)

Según los planos de disposición general del buque la longitud estimada de  
La línea de escape es de 12 m

P: Contrapresión límite en kPa

Según el límite propuesto por el fabricante  $P = 300 \text{ mm.c.a.} = 0,00249 \text{ kPa}$

Por tanto:

$$D = \sqrt[5]{3.600.000 \cdot \frac{L \cdot S \cdot Q^2}{P}} = \sqrt[5]{3.600.000 \cdot \frac{12 \cdot 0,7 \cdot 8,58^2}{0,00249}} = 245,64 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Se instalará un conducto de escape de 250 mm diámetro interior construido en acero inoxidable AISI 316L para cada motor auxiliar.

### **3.6.- Sistema de aire comprimido para servicios en Cámara de Máquinas**

El sistema de aire comprimido para servicios en CM forma parte junto con el sistema de aire de arranque del MP del sistema de aire comprimido del buque

En aquellos casos en los que sea necesario existe un tercer servicio que es el correspondiente al sistema de aire comprimido para instrumentación y servicios de cubierta y la carga. No es este el caso del “Buque Proyecto”, por lo que una vez resuelto en el epígrafe 2.4.1. el sistema de aire de arranque del MP se procederá aquí a definir el sistema de aire comprimido para servicios en CM.

No obstante, aunque ambos sistemas parecen ser independientes se encuentran conectados entre sí, lo cual favorece la redundancia proporcionando un mayor nivel de seguridad en la operación respecto a dos instalaciones separadas.

#### **3.6.1.- Sistema de aire comprimido para servicios auxiliares**

Para alimentar los servicios auxiliares que demandan aire a presión se instala un sistema de baja presión compuesto por una botella a 7 bares, alimentada por un compresor a esta presión, y que alternativamente puede rellenarse desde las botellas principales de aire de arranque a través de una reductora instalada entre ambos sistemas

##### **3.6.1.1.- Botella de aire de servicios**

Se instalará una botella de aire de servicios de 0,5 m<sup>3</sup> de volumen, la cual contendrá el aire necesario para los servicios auxiliares a una presión de 10 bar

##### **3.6.1.2.- Compresor de aire de servicios**

Se dotará a la instalación de un compresor para servicios de las mismas características que el compresor de emergencia.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La potencia eléctrica del compresor de servicios es:

$$Pot_{comp-servicios} = 5,403 \text{ kW} \approx 5,5 \text{ kW}$$

### 3.7.- Servicios de achique de sentinas en Cámara de Máquinas

El servicio de achique de sentinas de cámara de máquinas es un ramal de servicio de achique de sentinas del buque. Es un servicio utilizado tanto por el casco como por la cámara de máquinas, que comparten los elementos de bombeo y ciertos tramos de tubería que los hacen inseparables.

En lo que se refiere al sistema de sentinas en el caso del “Buque Proyecto” la naturaleza de las cargas para las que está diseñado, áridos de construcción, presenta una elevada agresividad erosiva de los efluentes, que en la totalidad de los casos consistirán en un alto porcentaje de arena (procedente de la carga) mezclada con agua de mar (procedente de filtraciones de las escotillas o del baldeo de la bodega),

Debido a esta circunstancia, se recomienda la separación de circuitos, ya que una bomba centrífuga se erosionará muy rápidamente con la impulsión de este tipo de efluentes, no resultando adecuada para este servicio.

Por otro lado al compartir la Cámara de máquinas y la bodega de carga tramos del sistema de achique de sentinas y bombas, ambos circuitos, durante el achique de las sentinas de bodega inevitablemente se arrastrarían a la mar vertidos oleaginosos procedentes de los depósitos remanentes en las tuberías y en la bomba de la Cámara de Máquinas, con lo que se estaría descargando un efluente con una presencia de hidrocarburos superior a 15 ppm, lo cual es inaceptable por MARPOL Anexo I.

Los ramales que corresponden a la cámara de máquinas están sujetos a los requisitos de MARPOL Anexo I, ya que la descarga de estos efluentes poseen carácter contaminante en casi todos los casos.

A diferencia de las sentinas de cámara de máquinas, el efluente de las bodegas en el caso del “Buque Proyecto” muy raramente contendrá sustancias contaminantes, ya que el diseño para el que está previsto no considera cargas contaminantes.

Por tanto para el diseño del sistema de sentinas se considerarán aquí los criterios relativos a vertidos de hidrocarburos incluye el MARPOL Anexo I, haciéndose referencia a este epígrafe en

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



el correspondiente a los sistemas ecológicos en su apartado al tratamiento de aguas oleosas en cámara de máquinas; analizando en el capítulo 2.3 en el epígrafe correspondiente a los servicios del casco los sistemas de achique de sentinas propios del casco.

En la cámara de máquinas de máquinas el achique de sentinas debe poder efectuarse por tres vías diferentes dependiendo de la situación:

- Sistema de achique de sentina  
Es un sistema de tuberías específicamente destinado a ello, ya que se trata de aguas oleosas, las cuales no pueden ser vertidas a la mar y por consiguiente es un sistema que no es compatible con sistemas abiertos a la mar como es el de lastre.
- Sistema de achique de emergencia  
Cuando la cámara de máquinas experimenta una elevación del nivel de la sentina cuyo nivel es difícil de reducir debido a la presencia de una inundación controlada, debe ser posible conectar un sistema de achique de emergencia.

Esta funcionalidad se consigue comunicando convenientemente el sistema de achique de sentina, con el sistema de refrigeración de agua salada del MP por medio de carretes de tubería ubicados adecuadamente e instalando el conjunto de válvulas que garantice los servicios de los circuitos y la maniobra de emergencia.

Esta maniobra puede vulnerar reglas anticontaminación previstas en el MARPOL, por lo que se instalará un precinto en la válvula correspondiente para evitar una manipulación accidental que pudiera originar un vertido de aguas oleosas.

- Sistema de achique en caso de inundación con grave riesgo para la seguridad del buque.

En caso extremo, inundación, cuando los sistemas precedentes no pueden garantizar el suficiente caudal de evacuación del espacio de máquinas se deberá poder aspirar directamente de la sentina por un sistema denominado de “inyección directa” que permitirá la descarga directa de los líquidos a la mar.

En este caso la bomba de mayor capacidad existente en la cámara de máquinas deberá tener un ramal de aspiración directo desde la sentina a la aspiración de la bomba aislado únicamente por una válvula, de manera que la apertura de esta garantice la aspiración del líquido presente en la sentina. Esta bomba será la de mayor caudal existente en la cámara de

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



máquinas que, generalmente, es una bomba de lastre. Esta válvula montará un precinto y señalización que evite la manipulación inadecuada.

### 3.7.1.- Sistema de achique en Cámara de Máquinas

Se colocarán en el espacio de la sentina de la Cámara de Máquinas tres pozos situados uno a popa, cerca del plano de crujía y los otros dos a proa, uno a babor y otro a estribor.

Los pocetes de sentina estarán formados por chapas de acero, y su tamaño será tal que su manga y su eslora coincidan con el espaciado entre longitudinales y las claras de cuaderna. Los pozos tendrán una capacidad de aproximadamente de 0,25 m<sup>3</sup>, cumpliéndose con el mínimo exigido por la sociedad de clasificación.

En su interior se colocarán cajas de fangos que estarán conectadas a las tuberías del colector principal.

Al colector principal de cámara de máquinas, se conecta el colector proveniente de la zona de carga. Ambos tendrán el mismo diámetro interior.

Para el cálculo de los ramales se utiliza la misma expresión que para las tuberías zona de carga, pero tomando la eslora de cámara de máquinas:

$$d = 2,15 \cdot \sqrt{l \cdot (B + D)} + 25 \text{ (mm)}$$

Siendo:

d': diámetro interior de la tubería de aspiración de los pocetes (m)

B: manga de trazado del buque (m)

D; puntal de trazado del buque ( m)

l: longitud del compartimento en cuestión (cámara de máquinas, m);

Por tanto:

$$d = 2,15 \cdot \sqrt{9,5 \cdot (9,3 + 5,4)} + 25 \text{ (mm)} = 54,54 \text{ mm}$$

Según las recomendaciones de la sociedad de clasificación, el colector principal de cámara de máquinas, al que verterán los ramales tiene el mismo diámetro interior que el diámetro

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



del ramal procedente del túnel de tuberías; que en el caso del BP, al carecer de este túnel coincide con el del colector principal de achique en zona de carga

La descarga de las sentinas de los espacios de máquinas, que tendrá carácter oleoso llevará a cabo siguiendo las recomendaciones de MARPOL en su anexo I, regla 13. El detalle correspondiente a la descarga de sentinas se detalla en el epígrafe 7 del capítulo 2.3 en el que se tratan en conjunto los servicios ecológicos del buque regulados por MARPOL.

### 3.7.2.- Sistema de achique en local del servo

En el local del servomotor, el achique se efectuará por medio de imbornales. Se dispondrán de cuatro imbornales, de modo que se distribuyan uno a popa y dos a proa (a babor y estribor). De cada imbornal parte una tubería que se une a un colector que descarga el agua al pozo de sentina de popa de cámara de máquinas. La descarga de agua se hace por gravedad.

El diámetro del colector se calculará como se calculó para las bodegas o cámara de máquinas:

$$d = 2,15 \cdot \sqrt{l \cdot (B + D)} + 25 \text{ (mm)}$$

Siendo:

d': diámetro interior de la tubería de aspiración de los pocetes (m);

B: manga de trazado del buque (50 m);

D; puntal de trazado del buque (25,565 m);

l: longitud del compartimento en cuestión (local del servo) (14,03 m);

$$d = 2,15 \cdot \sqrt{4,5 \cdot (9,3 + 5,4)} + 25 \text{ (mm)} = 42,48 \text{ mm}$$

### 3.7.3.- Bombas principales de achique de sentinas

Las bombas de achique de sentinas tienen un doble cometido. En primer lugar están destinadas al achique de los líquidos recogidos en la sentina, tal y como indica su función. Paralelamente tienen una segunda función, no menos importante, que consiste en actuar contra una eventual inundación de la Cámara de Máquinas, salvaguardando así la integridad del buque.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Siguiendo las recomendaciones de SOLAS Chapter 2, se instalarán, en cámara de máquinas, dos bombas centrífugas de tipo auto cebante. Estas deberán tener alimentación independiente

Es práctica recomendable montar además de las bombas reglamentarias, una bomba alternativa denominada generalmente “el caballo”, la cual es de baja capacidad y está destinada a achicar de la cámara de máquinas las pérdidas de los circuitos interiores y del agua que haya podido entrar desde el exterior las bodegas por lluvia o algún derrame accidental. Esta bomba no se instalará en el “Buque Proyecto” debido al reducido tamaño del buque y en consecuencia de la propia bomba.

Cada bomba tendrá un caudal no inferior al dado por la siguiente expresión:

$$Q = 5,66d^2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$$

Siendo:

- Q: Caudal de la bomba en  $\text{m}^3/\text{h}$   
d: Diámetro interior del colector principal (mm);

Por tanto, el caudal que la bomba deberá evacuar será:

$$\dot{Q} = 5,66 \cdot 70,34^2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h} = 28 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se estima que una altura manométrica para cada bomba de achique de 30m es suficiente, dadas las dimensiones del buque. Se tomará el peso específico del agua salada para hacer el cálculo.

Se estima un rendimiento hidráulico del 80% y un rendimiento eléctrico del 85%

Por lo tanto la potencia eléctrica requerida para cada bomba de achique será:

$$Pot_{BBA \text{ SENTINA}} = \frac{\vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{m}_{bba}}{\mu_{el} \cdot \mu_{hid}}$$

$$Pot_{BBA \text{ sentinas}} = 0,000975 \text{ m}^3/\text{kg} \cdot 3\text{bar} \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \left( \frac{28}{3.600} \cdot 1.025 \right) \text{ kg/s} \cdot \frac{1}{0,8 \cdot 0,9} = 3.240 \text{ W} \approx 3,3 \text{ kW}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





#### 3.7.4. Bomba de achique de emergencia

Esta bomba servirá para achicar la cámara de máquinas empleando el sistema de emergencia.

Para este servicio no se instalará una nueva bomba, sino que será una de las bombas del sistema de refrigeración principal de agua salada la que se encargará de este servicio.

En la disposición de tuberías se plantearán las conexiones necesarias para poder prestar este servicio.

El detalle correspondiente a la descarga de sentinas en condición de emergencia la seguridad prevalece sobre el criterio ecológico, pudiéndose efectuar la descarga a la mar a través de un ramal de tubería específicamente diseñado para ello, cuya operación in voluntaria se evita mediante la instalación de los precintos adecuados.

#### 3.7.5. Achique en caso de inundación de la Cámara de Máquinas

En caso de inundación de la Cámara de Máquinas la seguridad del buque, las personas y la carga prevalece sobre el criterio ecológico, de manera se dotará al buque de medios de descarga directa al mar del agua embarcada, a través de una válvula precintada..

Para ello se dotará a la bomba de mayor capacidad de la sala de máquinas de una toma de aspiración directa desde la sentina, denominada “Inyección directa”, la cual se abre en caso de inundación permitiendo la aspiración directa de la sentina.

En el “Buque Proyecto esta toma se instalará en la aspiración de una de las bombas de lastre.

### **3.8.- Servicios contra incendios en cámara de máquinas**

Los sistemas CI a bordo desde una perspectiva general se analizarán como un servicio del buque, ya que afecta de manera integral al buque y dependiendo de las zonas a tratar tienen características muy diferentes. En el caso particular de los sistemas CI a dotar en CM su análisis se efectuará considerándolos como sistemas a instalar en un espacio más del buque.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



El servicio de CI por agua salada en Cámara de Máquinas se analizará también en el capítulo 2.3 ya que comparte bombas y ramales con otros servicios como es el de baldeo y servicios generales.

#### **4.- SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS COMPARTIDOS CON EL CASCO**

En este epígrafe se definen los sistemas del buque que prestan servicio tanto al casco como a la Cámara de máquinas, de manera que generalmente se encuentran formando parte de un mismo circuito.

Habitualmente se trata de los sistemas de achique de sentinas, el cual se encuentra compartido con el sistema de achique de sentinas de los espacios de carga y el de baldeo y contra incendios A/S que también comparten un alto porcentaje de sus ramales.

En lo que se refiere a los sistemas de sentinas se han separado por los motivos expuestos en el epígrafe 3.7 de este capítulo, definiéndose el sistema de achique de sentinas separadamente del de achique de bodegas. El sistema de achique de sentinas se ha resuelto como un sistema de Cámara de Máquinas en el epígrafe 3.7 de este capítulo y el sistema de achique de bodegas se resolverá en el epígrafe correspondiente del capítulo 2.3 “Equipo servicios del buque” como un servicio del casco.

El sistema de achique de la caja de cadenas se incluye como un servicio del casco, ya que es independiente de los demás sistemas de achique de a bordo y se encuentra ubicado en la zona del pique de proa. Se analizará junto con el sistema de achique de bodegas.

En cuanto a los otros servicios citados, de baldeo y contra incendios A/S, se analizarán también como servicios del buque debido a su mayor vinculación con áreas del buque que se encuentran fuera de la Cámara de Máquinas.

#### **5.- SISTEMA DE CONTROL DE CÁMARA DE MÁQUINAS**

De acuerdo con el criterio de mínimo coste de ciclo de vida del buque, y de acuerdo con los criterios de mínima dotación de seguridad ya previstos para el buque, se ha previsto que la instalación en Cámara de Máquinas permita la emisión del “CERTIFICADO DE INSTALACIONES DE MÁQUINAS SIN DOTACIÓN PERMANENTE”.

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*



Para ello la instalación de máquinas cumplirá con los requisitos exigidos por la Regla II-1/46 de SOLAS y de acuerdo con el documento del Ministerio de Fomento referente a la “INFORMACIÓN DE LAS PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS RELATIVAS A ESPACIOS DE MÁQUINAS SIN DOTACIÓN PERMANENTE”

Para ello se dotará al buque de las alarmas e instalaciones que prescribe la normativa según las reglas del capítulo II-1 de SOLAS:

Regla 47, precauciones contra incendios

Regla 48, protección contra la inundación

Regla 49, mando de las máquinas propulsoras desde el puente

Regla 50, comunicaciones

Regla 51, sistemas de alarma

Regla 52, sistema de seguridad

Regla 53, prescripciones especiales para máquinas, calderas e instalaciones eléctricas

Regla 53, mando automático y sistema de alarma

Se estima una potencia instalada de 5kW para la operación del sistema de control.

## 6.- OTROS EQUIPOS EN CÁMARA DE MÁQUINAS

Se incluyen en este apartado equipos o unidades complementarias de los sistemas o de la Cámara de Máquinas

### 6.1.- Grúa para el mantenimiento del MP

Siguiendo las instrucciones del fabricante se instalará un polipasto eléctrico con una SWL de 500 kg, el cual se desplazará longitudinalmente sobre una viga carrilera de doble T

Se estima una potencia instalada del polipasto de 2kW

### 6.2.- Virador del MP

Debido al reducido empuje y características del motor el fabricante no recomienda virador, por lo que no se instalará.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 6.3.- DISPOSITIVO DE PUESTA A TIERRA DEL EJE

Se instalará un sistema de protección contra la corrosión del eje de cola que consistirá en un anillo de contacto de giro solidario al eje cola y puesto a tierra por medio de un sistema de escobillas de contacto.

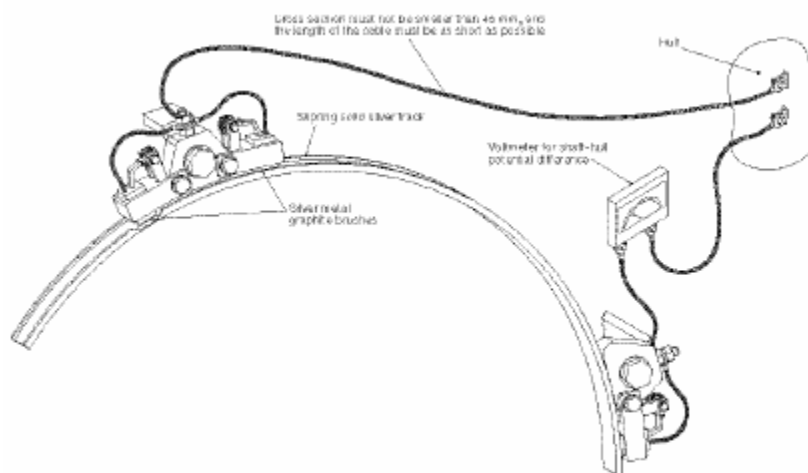


Figura V2/C2-F5: Sistema de puesta a tierra del eje de cola  
Fuente: Caterpillar

### 6.4.- TALLER DE MÁQUINAS

Se dispondrá de una zona recogida de la Cámara de Máquinas habilitada como pequeño taller electromecánico que permita reparaciones de fortuna durante la navegación.

Se dotará de líneas de aire comprimido y de conexiones eléctricas suficientes para efectuar las reparaciones. Constará de esmeriladora, dos taladros verticales, dos equipos de soldadura eléctrica, equipo de corte y soldadura oxiacetilénica, etc.

La potencia eléctrica instalada será de 5 kW.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## 6.5.- PAÑOL DE RESPETOS

Para mantener adecuadamente estibados los respetos exigidos por la sociedad de clasificación y los fabricantes de los equipos se dotará al buque de un pañol adecuado para la guarda de los respetos.

*TUTOR:*  
*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*  
*Francisco J. Arrazola Méndez*



## NOTAS DEL TEXTO

- [1] “Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte”. Martín Martín, F. E.T.S.I. Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona 2011 pg 118
- [2] “El proyecto básico del buque mercante. R. Alvariño Castro, J.A. Azpíroz Azpíroz, M. Meizoso Fernández. Fondo Editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Madrid 1997.
- [3] “Apuntes de sistemas propulsivos”. Palancar, A.: Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [4] “Apuntes de sistemas propulsivos”. Palancar, A.: Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [5] “Apuntes de sistemas propulsivos”. Palancar, A.: Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [6] Catálogo general bombas ITUR] del 85% en promedio
- [7] Catálogo general bombas ITUR] del 85% en promedio
- [8] “Apuntes de sistemas propulsivos”. Palancar, A.: Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO
- [9] Caterpillar installation guide Pg 103
- [10] “Application and Installation guide. Exhaust systems”, Caterpillar. U.S.A. 2011
- [11] “Caterpillar Marine Application installation Guide”, Caterpillar. U.S.A. 2011
- [12] “Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua” INE 18 de noviembre de 2013 Madrid

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## BIBLIOGRAFÍA

“Rules for Classification of ships, Chapter 14 Part 4, MACHINERY AND SYSTEMS - MAIN CLASS, Det Norske Veritas. Oslo 2011

SOLAS Edición refundida del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, y su Protocolo de 1988: artículos, anexos y certificados. IMO. London 2002

“International Code for Fire Safety Systems. IMO. London 2000

“Apuntes de sistemas propulsivos”. Palancar, A.: Cartagena 2009. Departamento de publicaciones de la ETSINO

“El proyecto básico del buque mercante”. R. Alvariño Castro, J.A. Azpíroz Azpíroz, M. Meizoso Fernández. Fondo Editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Madrid 1997.

“Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua” INE 18 de noviembre de 2013 Madrid

“Estudio comparativo entre los combustibles tradicionales y las nuevas tecnologías energéticas para la propulsión de vehículos destinados al transporte”. Martín Martín, F. E.T.S.I. Industrial de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona 2011 pg 118

“Petroleum products: fuels (class F): specifications of marine fuels”. ISO 8217 2005.

“Construcción naval: ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diesel: requisitos de diseño y bases de cálculos”. ISO 8861 1988.

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

[W1] <http://www.itur.es/> 14 de septiembre de 2014

[W2] <https://marine.cat.com/cda/layout?m=319656&x=7&id=953698> 20 de septiembre de 2014

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## **ANEXO I**

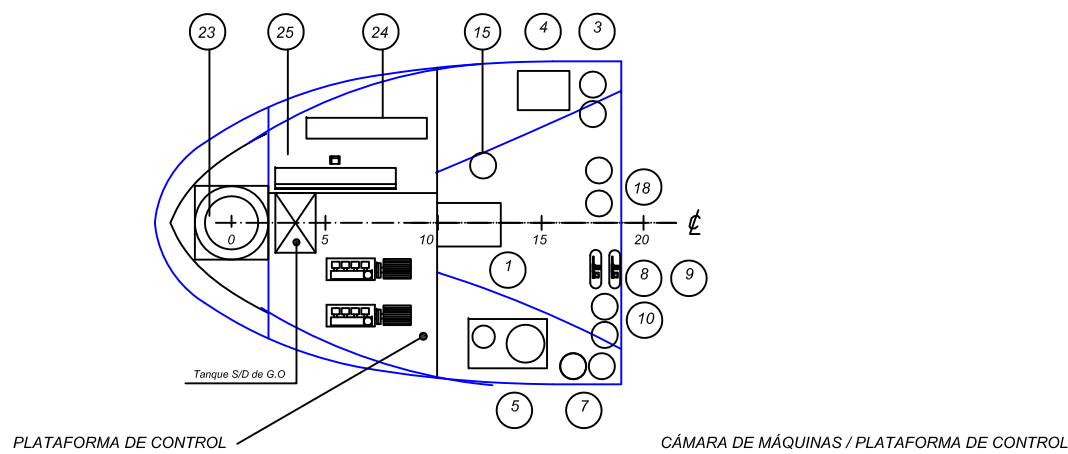
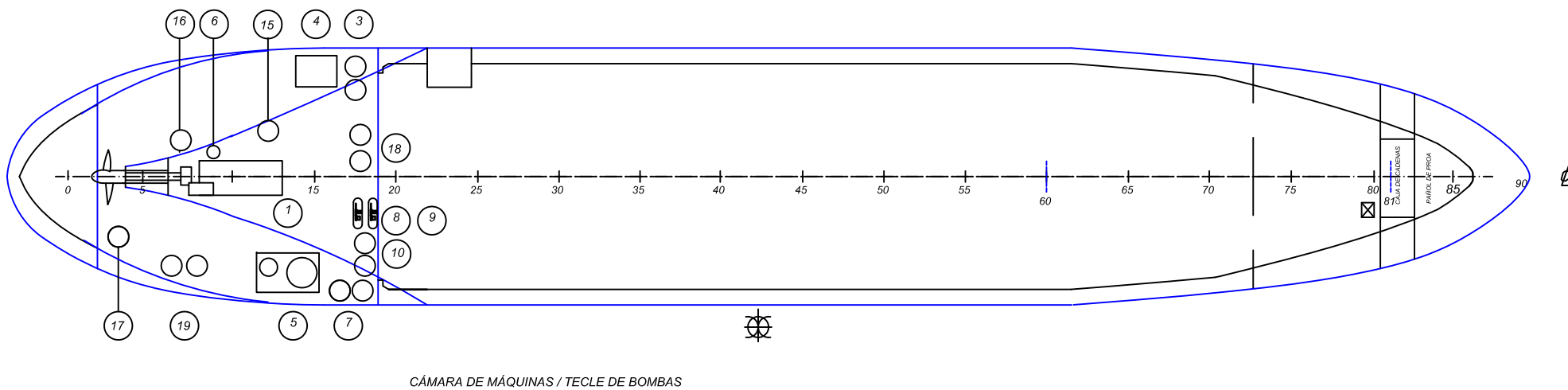
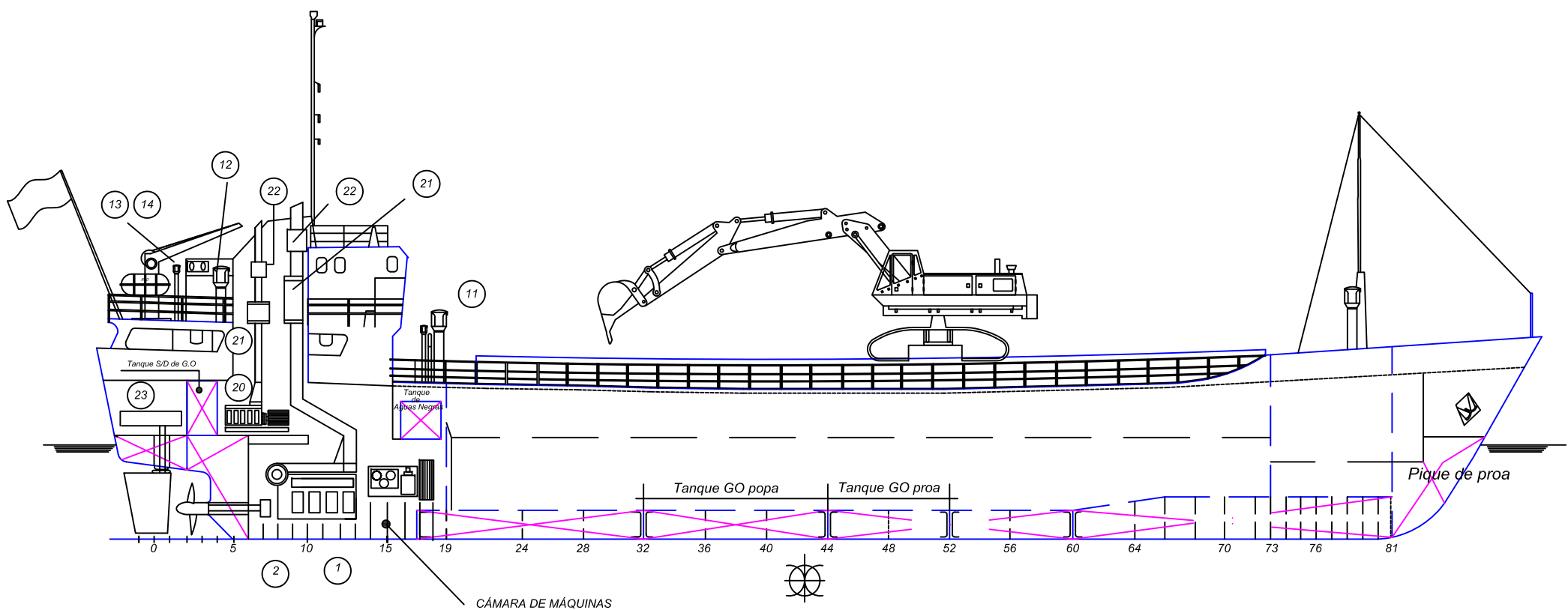
### **PLANO PFC 5: DISPOSICIÓN GENERAL DE CÁMARA DE MÁQUINAS**

Este apéndice incluye el Plano de Disposición General de Cámara de Máquinas, en el que se presenta la ubicación de los equipos, con las plantas, alzados y vistas necesarias para la completa definición de la CM. Incluye listado numerado identificativo de todos los elementos instalados y representados

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez





ITEM	EQUIPO
1	Motor propulsor
2	Reductora
3	Bomba de trasiego DO
4	Purificadora DO
5	Separador de sentinas
6	Bomba de lubricación del eje de cola
7	Bombas de agua salada
8	Compresores de aire de arranque
9	Compresor de emergencia - Servicios en CM
10	Botellas de aire de arranque
11	Ventiladores de Cámara de Máquinas
12	Extractores de Cámara de Máquinas
13	Ventiladores local servomotor del timón
14	Extractores local servomotor del timón
15	Bombas de achique de sentinas
16	eyector de achique de bodega de carga
17	Bomba de descarga de aguas negras / grises
18	Bombas de lastre
19	Bombas CI
20	Genset
21	Silenciador
22	Apagachipas
23	Servomotor del timón
24	Cuadro eléctrico principal
25	Sala de control



PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE DE CARGA GENERAL

DIBUJADO POR: F.Arrazola	FECHA 03/09/2014	TÍTULO DEL PLANO DISP. GENERAL CÁMARA DE MÁQUINAS
COMPROBADO POR: F.Arrazola	FECHA 03/09/2014	SIZE Nº DE PLANO A3 PFC 5
DISEÑADO POR: F.Arrazola	FECHA 03/09/2014	ESCALA 1:100 PESO(kg)
		HOJA 1/1



## ANEXO II

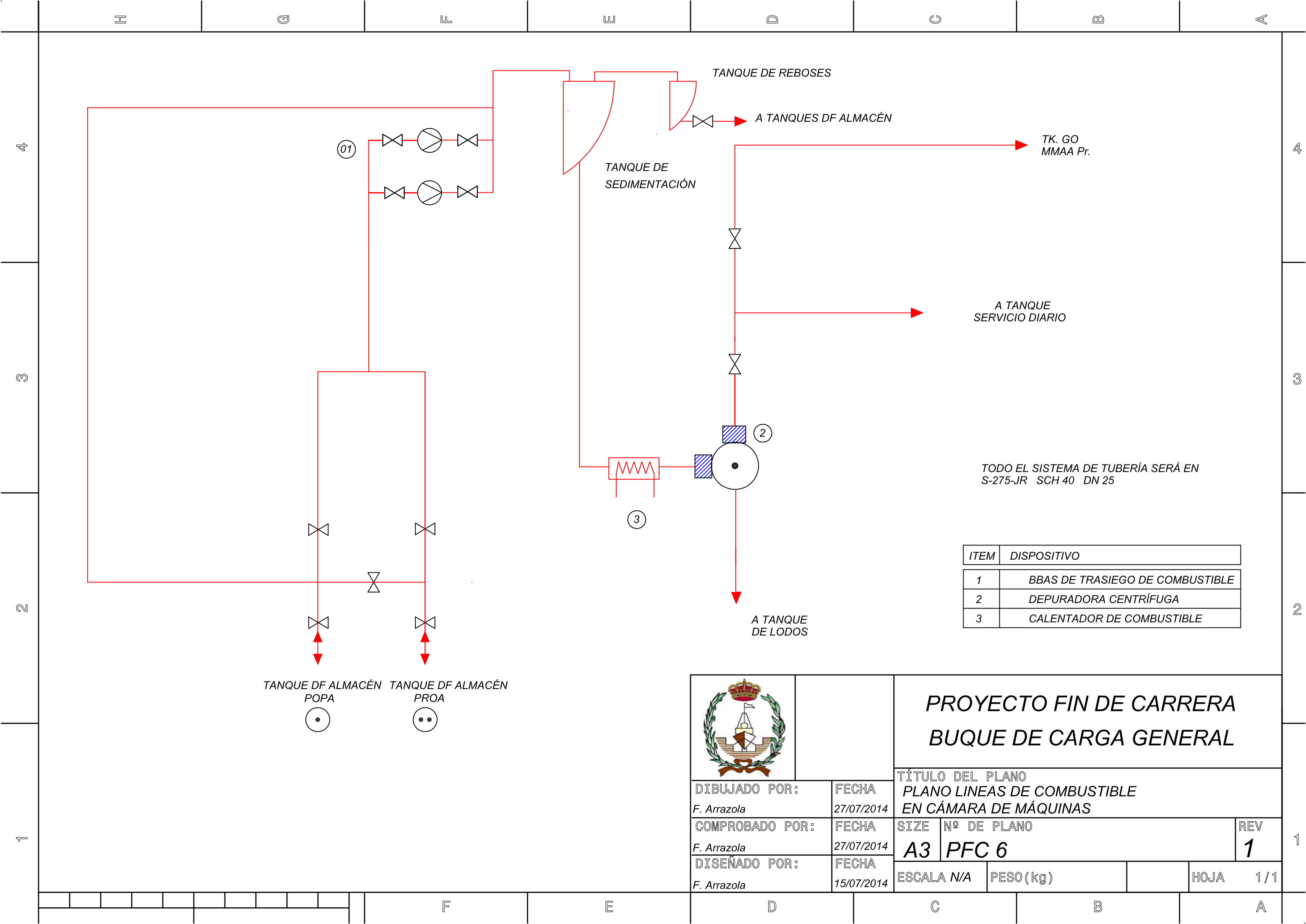
### PLANOS DE LOS SISTEMAS

**Se incluyen aquí los planos correspondientes a los servicios de Cámara de Máquinas con las especificaciones del servicio, equipo y materiales.**

Material:	SJ235R Sch 40
Bombas o equipos:	La unidad seleccionada en el Anexo I se presenta en una tabla con sus características de trabajo: altura y caudal
Tanques:	Se incluirá el volumen de los tanques que aparezcan en los circuitos y que coincidirán con el plano de Disp Gral tks en m <sup>3</sup>
1. Plano PFC 6:	Sistema de combustible
2. Plano PFC 7:	Sistema de refrigeración del MP (A/S)
3. Plano PFC 8:	Sistema de aceite de lubricación (MP)
4. Plano PFC 9:	Sistema de aire comprimido (MP y Servicios)
5. Plano PFC 10:	Sistema de agua salada para servicios generales, CI y lastre

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



TODO EL SISTEMA DE TUBERÍA SERÁ EN  
S-275-JR SCH 40 DN 25

ITEM	DISPOSITIVO
1	BBAS DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE
2	DEPURADORA CENTRÍFUGA
3	CALENTADOR DE COMBUSTIBLE

		PROYECTO FIN DE CARRERA BUQUE DE CARGA GENERAL			
		TÍTULO DEL PLANO PLANO LINEAS DE COMBUSTIBLE EN CÁMARA DE MÁQUINAS			
DIBUJADO POR: F. Arrazola		FECHA 27/07/2014		SIZE A3	REV 1
COMPROBADO POR: F. Arrazola		FECHA 27/07/2014		Nº DE PLANO PFC 6	
DISEÑADO POR: F. Arrazola		FECHA 15/07/2014		ESCALA N/A	HOJA 1 / 1
				PESO (kg)	

ITEM	DISPOSITIVO
01	MOTOR PROPULSOR
02	TURBO SOPLANTE
03	REDUCTORA
04	ENFRIADOR DE ACEITE DEL MOTOR PRINCIPAL
05	ENFRIADOR AGUA DULCE DEL MOTOR PRINCIPAL
06	TOMA DE MAR BAJA PROA BABOR
07	TOMA DE MAR ALTA PROA BABOR
08	BRIDA CIEGA
09	VÁLVULA DE MARIPOSA
10	VÁLVULA DE PASO
11	ENFRIADOR DE LA REDUCTORA

A SERVICIOS  
GENERALES A/S

TODA LA TUBERÍA SERÁ EJECUTADA EN  
EN ACERO S - 275 - JR SCH 40 DN 40



DIBUJADO POR:

F Arrazola

FECHA

27/07/2014

COMPROBADO POR:

F Arrazola

FECHA

27/07/2014

DISEÑADO POR:

F Arrazola

FECHA

15/07/2014

# PROYECTO FIN DE CARRERA BUQUE DE CARGA GENERAL

TÍTULO DEL PLANO

PLANO A/S REFRIGERACIÓN MOTOR PRINCIPAL

SIZE

A3

Nº DE PLANO

PFC 7

REV

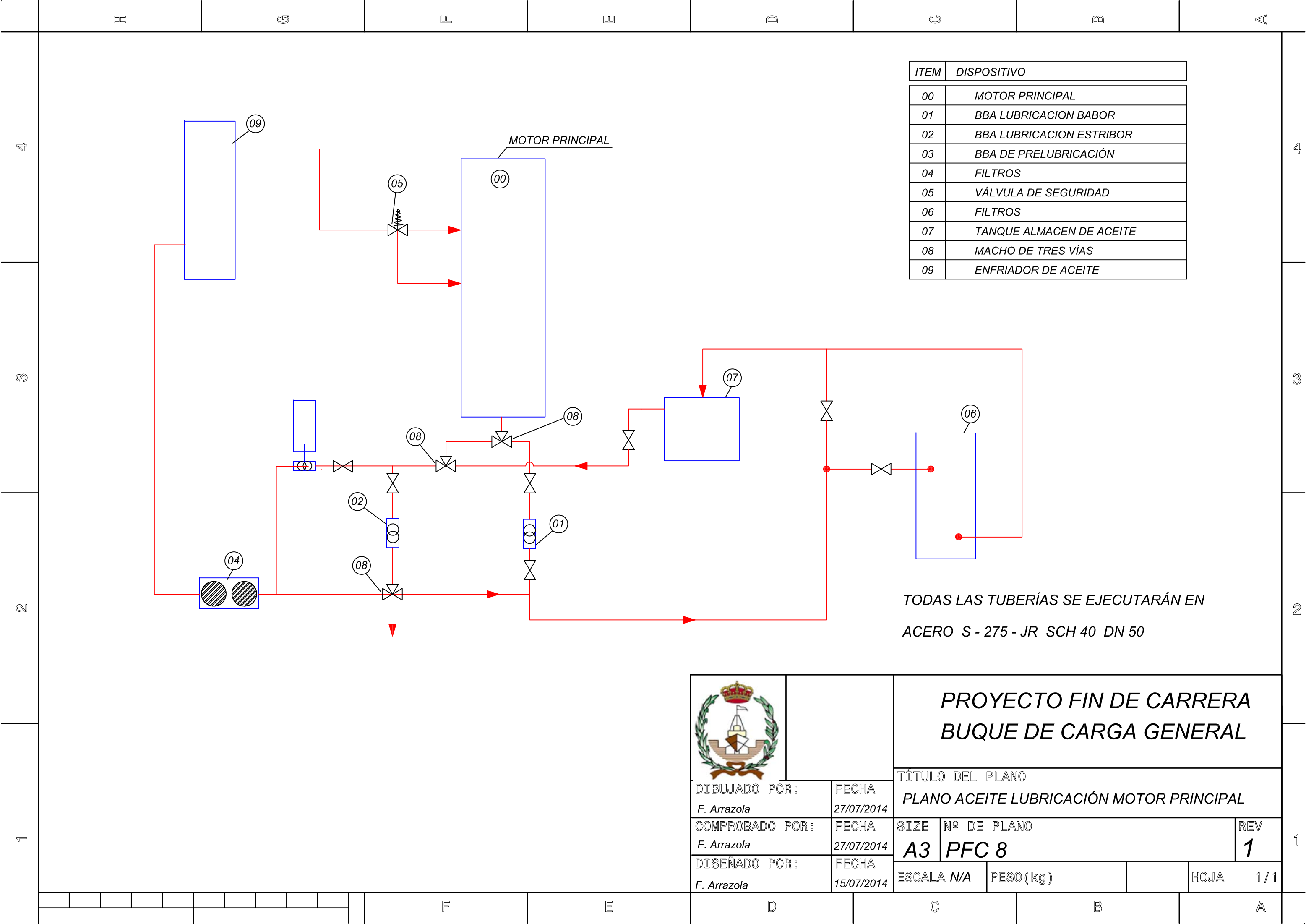
1

ESCALA N/A

PESO (kg)

HOJA

1 / 1

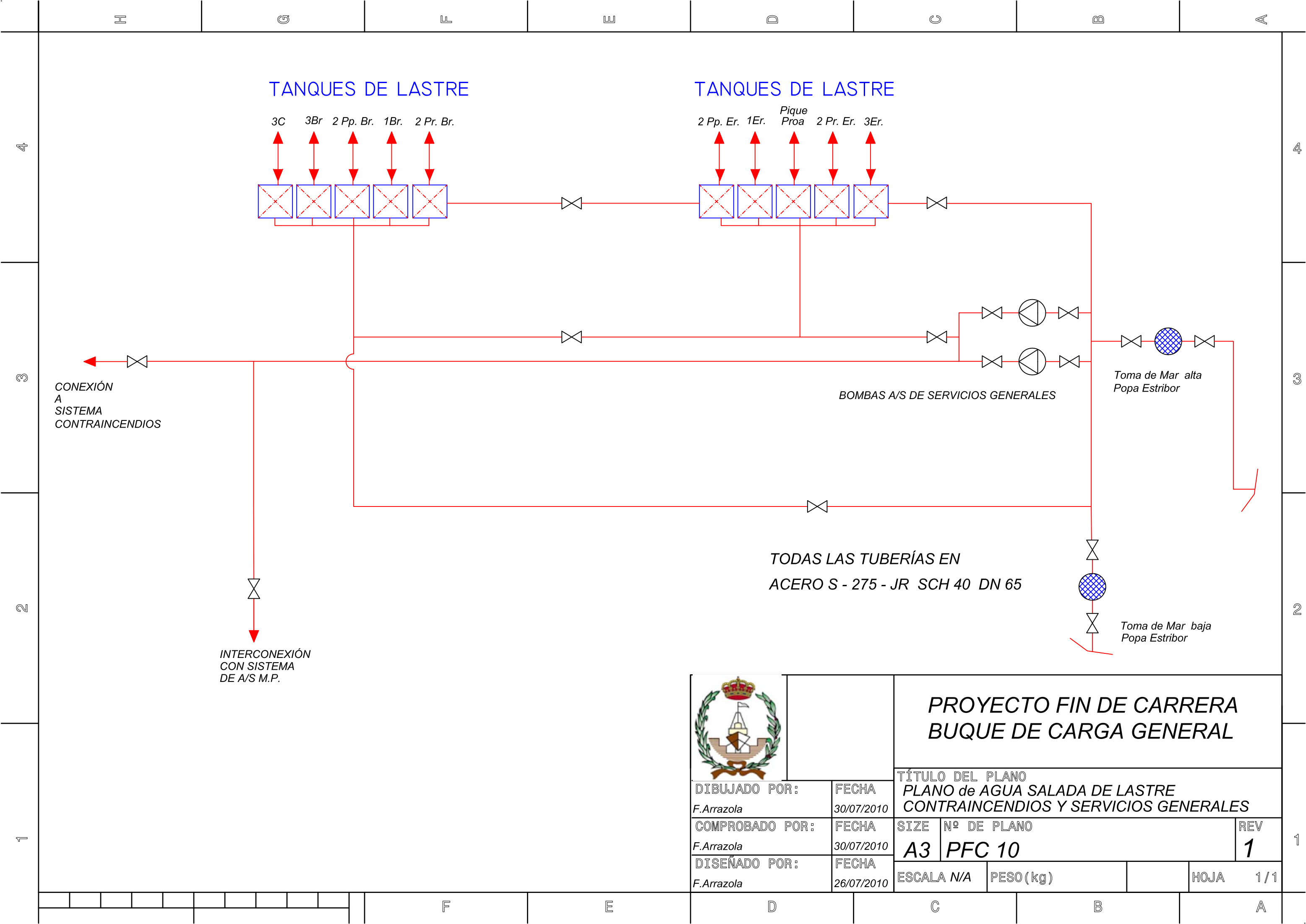


ITEM	DISPOSITIVO
00	MOTOR PRINCIPAL
01	BBA LUBRICACION BABOR
02	BBA LUBRICACION ESTIBOR
03	BBA DE PRELUBRICACIÓN
04	FILTROS
05	VÁLVULA DE SEGURIDAD
06	FILTROS
07	TANQUE ALMACEN DE ACEITE
08	MACHO DE TRES VÍAS
09	ENFRIADOR DE ACEITE

TODAS LAS TUBERÍAS SE EJECUTARÁN EN  
ACERO S - 275 - JR SCH 40 DN 50

		PROYECTO FIN DE CARRERA BUQUE DE CARGA GENERAL			
DIBUJADO POR: F. Arrazola		FECHA 27/07/2014		TÍTULO DEL PLANO PLANO ACEITE LUBRICACIÓN MOTOR PRINCIPAL	
COMPROBADO POR: F. Arrazola		FECHA 27/07/2014		SIZE A3	Nº DE PLANO PFC 8
DISEÑADO POR: F. Arrazola		FECHA 15/07/2014		ESCALA N/A	PESO (kg)
				HOJA	1 / 1





DIBUJADO POR:	FECHA
F.Arrazola	30/07/2010
COMPROBADO POR:	FECHA
F.Arrazola	30/07/2010
DISEÑADO POR:	FECHA
F.Arrazola	26/07/2010

PROYECTO FIN DE CARRERA BUQUE DE CARGA GENERAL			
TÍTULO DEL PLANO PLANO de AGUA SALADA DE LASTRE CONTRA INCENDIOS Y SERVICIOS GENERALES			
SIZE	Nº DE PLANO		REV
A3	PFC 10		1
ESCALA N/A	PESO (kg)		HOJA 1 / 1



Capítulo

2.3

# CAPÍTULO 2.3

## Equipo y servicios del buque

*Una vez definidos los equipos que dan soporte a los diversos  
Servicios de Cámara de Máquinas se procede  
al diseño de equipos o sistemas que proporcionan servicios  
en el buque más allá del espacio propio de la Cámara de Máquinas*





## 1.- GENERALIDADES

Los equipos y servicios del buque se analizan según las áreas del buque:

- Casco
- Máquinas
- Carga
- Habitación y fonda
- Navegación y comunicaciones
- Alumbrado

Este capítulo es complementario del capítulo 2.2 en el que se desarrollaron los sistemas de Cámara de Máquinas. Todos los equipos y servicios referenciados previamente se han descrito en su totalidad en el capítulo 2.2 correspondiente al diseño de la cámara de máquinas.

Todos aquellos equipos o sistemas que proporcionen servicios en el buque más allá del espacio propio de la Cámara de Máquinas se describirán y dimensionarán en este capítulo. Como excepción figura el equipo de gobierno, el cual aunque puede considerarse un servicio del casco se encuentra totalmente vinculado al departamento de máquinas y ya ha sido descrito en el epígrafe 4 “Sistema de gobierno” del capítulo 2.1. y el epígrafe 3.2.1. “Accionamiento hidráulico de la pala del timón” correspondiente al capítulo 2.2

Los sistemas de seguridad, a excepción de los servicios de baldeo y CI por agua salada, que comparten el mismo sistema de tubería y se consideran servicios del casco, se tratarán como sistemas de seguridad, ya que están afectos al “Certificado de seguridad del equipo” y como tales son servicios del buque pero no del casco. Los servicios del buque a tratar en este capítulo son:

- Casco
- Carga
- Seguridad
- Habitación y fonda
- Acceso y elevación
- Navegación y comunicaciones
- Alumbrado del buque

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



Se seguirán las recomendaciones contenidas en los correspondientes a los capítulos del SOLAS, Chapter II-1 Construction – Structure, subdivision and stability, machinery and electrical installations y Chapter II-2 “Construction-Fire protection, Fire detection and Fire extinction; así como los códigos específicos que desarrollan los capítulos correspondientes del SOLAS

En lo referente al equipo de seguridad se seguirán las reglas contenidas en el Capítulo III del Convenio SOLAS, “Life-saving appliances and arrangements” Complementariamente para el dimensionamiento de los servicios e instalaciones se seguirán las reglas publicadas por DnV.

## **2.- SERVICIOS DEL CASCO**

En los casos en los que se hayan dimensionado parcialmente los sistemas que aquí se analizan en el capítulo precedente, correspondiente a los sistemas de Cámara de Máquinas, se hará mención expresa a ello.

### **2.1.- Servicio de achique y sentinas del casco**

El sistema de achique de sentinas es un servicio compartido tanto por el casco como por la cámara de máquinas, compartiendo los elementos de bombeo.

Como ya se indicó en el epígrafe 3.7 del capítulo 2.2 “Servicios de achique de sentinas en Cámara de Máquinas”, debido a los requisitos de MARPOL se diseñarán separadamente el servicio de achique de sentinas de CM y el servicio de achique y sentinas del casco.

Por tanto en este capítulo se dimensionará el servicio de achique y sentinas del casco, compuesto por los subsistemas de achique en bodegas y otras áreas del casco como es la caja de cadenas, incluyéndose el sistema de achique de sentinas de Cámara de Máquinas en el epígrafe 6.1 de este capítulo correspondiente a los sistemas de achique bajo reglamentación Marpol Annex 1

#### **2.1.1.- Sistema de achique en zona de carga**

El sistema de la zona de carga, al disponer el buque de una única bodega y no tener túnel de tuberías resulta muy simplificado.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Se instalarán dos pozos de sentina que irán situados a popa, uno a babor y otro a estribor. Estarán formados por chapas de acero, y su tamaño será tal que su manga y su eslora coincidan con el espaciado entre longitudinales y las claras de cuaderna. Enrasarán con el plan de bodega y en el fondo tendrán una inclinación de 25° con respecto a la horizontal, situándose los puntos más alto y más bajo en esquinas opuestas.

Los pozos tendrán una capacidad de aproximadamente de 0,25 m<sup>3</sup>, cumpliéndose con el mínimo exigido por SOLAS

Para evitar que la carga entre en los pocetes, se dispondrá una rejilla que los cubra convenientemente.

Los ramales que constituyen la tubería de aspiración de los pocetes se conectarán al colector achique de la zona de carga, cuyo diámetro interior según SOLAS está dado por la siguiente expresión:

$$d = 2,15 \cdot \sqrt{l \cdot (B + D)} + 25 \text{ (mm)}$$

De la misma manera que se efectuó el cálculo para el colector de la Cámara de Máquinas se efectúa para la zona de carga.

Siendo:

d': diámetro interior de la tubería de aspiración de los pocetes (m);

B: manga de trazado del buque (m);

D; puntal de trazado del buque (m);

l: longitud del compartimento en cuestión (bodega) (m);

Por tanto:

$$d = 2,15 \cdot \sqrt{9,5 \cdot (9,3 + 5,4)} + 25 \text{ (mm)} = 54,54 \text{ mm}$$

El diámetro interior del colector principal de achique, al que se conectan los ramales que vienen de los pocetes, según SOLAS está dado por la siguiente expresión:

$$d = 1,68 \cdot \sqrt{L_f (B + D)} + 25 \text{ (mm)}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Siendo:

d': diámetro interior del colector principal de aspiración (m);

B: manga de trazado del buque (m);

D; puntal de trazado del buque (m);

L<sub>f</sub> : eslora de francobordo (m);

Por tanto:

$$d = 1,68 \cdot \sqrt{50 \cdot (9,3 + 5,4)} + 25 \text{ (mm)} = 70,54 \text{ mm}$$

Se adoptará un diámetro comercial de 3 pulgadas, que es el inmediatamente superior. Las tuberías se ejecutarán en tubo de acero sin costura en calidad S235JR y Sch40

No se instalará bomba de achique para este servicio, ya que al transportar áridos de construcción el efecto abrasivo de los restos de carga sobre los impulsores de la bomba los destruiría en un periodo de tiempo muy corto.

Para evitar esta situación el achique se efectuará mediante un eyector alimentado por las bombas de servicios generales del buque, según plano PFC 11 en el Anexo 1.

### 2.1.2.- Sistema de achique del local del servo

El local del servomotor, aunque se puede considerar un servicio del casco se ha analizado en el epígrafe 3.7.2 “Sistema de achique en local del servo” del capítulo 2.2 debido a su afinidad con el Departamento de Máquinas

### 2.1.3.- Sistema de achique en la caja de cadenas

El sistema de achique de las cajas de cadenas estará compuesto de una bomba eléctrica para fangos que será manual auto aspirante. Se tomará para la tubería un diámetro nominal de 1” en acero sin costura en calidad S235JR / Sch40.

Se seleccionará una bomba de fangos con un caudal máximo de 0,5 m3/hora y una descarga a una altura total estimada de 10 m, por lo que según las curvas del fabricante la potencia a instalar será de 0,5 kW.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## 2.2.- Servicio de lastre

El servicio de lastre está diseñado para mantener la estabilidad del buque en las diferentes condiciones de navegación

El diseño permitirá que, simultáneamente, se pueda achicar cualquier tanque de una banda y llenarse al menos uno de la banda contraria. El sistema consta de dos colectores, uno a babor y otro a estribor, los cuales se operaran desde dos pianos de válvulas instalados en la Cámara de Máquinas y comunicados entre sí.

Debido a las reducidas dimensiones del buque, no se ha previsto túnel de tuberías, por lo que las tuberías circularán por los tanques de lastre del doble fondo. Así pues, para facilitar el mantenimiento de las válvulas, todas las válvulas del sistema de lastre se encontrarán ubicadas en los correspondientes pianos de válvulas ubicados a proa de la Cámara de Máquinas.

Las tuberías se ejecutarán en tubo de acero sin costura en calidad S235JR y Sch40. El servicio se especifica según plano PFC 12 del Anexo 1

### 2.2.1.- Bombas de lastre

Para el cálculo de la capacidad de las bombas se parte del tiempo previsto de carga y descarga del buque, que será de 24 h.

<b>TANQUE</b>	<b>CAPACIDAD m<sup>3</sup></b>
Rasel de proa	15,278
Tanque de lastre 1Br	56,716
Tanque de lastre 1Er	56,716
Tanque de lastre 2Br	54,862
Tanque de lastre 2Er	54,862
Tanque de lastre 3Br	19,219
Tanque de lastre 3er	19,219
Tanque de lastre 3Ctro	35,032
Rasel de popa	15,853
<b>LASTRE TOTAL</b>	<b>327,757 m<sup>3</sup></b>

Tabla V2/C3-T1: Lastre total en el “Buque Proyecto”  
Fuente: Elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Las bombas deberán lastrar o deslastrar el buque en su totalidad en el tiempo previsto para la carga o la descarga.

El volumen total de agua a mover será el correspondiente a la totalidad del lastre disponible a bordo. En el capítulo 1.4 “Cálculos de arquitectura naval”, se fijó la capacidad de los tanques de lastre del buque, la cual se resume en la tabla V2/C3-T1.

Constará de dos bombas centrífugas de la capacidad adecuada. La capacidad de las bombas de lastre deberá ser:

$$\dot{Q}_{\text{Lastre}} = \frac{\text{Lastre total}}{\text{tiempo de carga} - \text{descarga}} = \frac{327,757 \text{ m}^3}{24 \text{ h}} = 13,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

Debido a que los lastres se encuentran en el doble fondo, solamente serán necesarias las bombas en el proceso de deslastrado, ya que el lastrado siempre se podrá hacer por gravedad. Considerando que el calado máximo del buque es de 3,5 m y que la longitud de la línea de lastre hasta el rasel de proa es de aproximadamente 50 m, en primera aproximación se considera suficiente que las bombas puedan proporcionar una altura manométrica de 25 m.

Por tanto la potencia instalada de cada bomba de lastre considerando un rendimiento hidráulico del 95% y un rendimiento eléctrico del 85% ser:

$$Pot_{BBA L} = \frac{\vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}_{bba \text{ Lastre}}}{\mu_h \cdot \mu_{el}}$$

$$Pot_{BBA L} = 0,0009756 \cdot 2,5 \cdot 10^5 \cdot 13,65 = 4,11 \text{ kW}$$

Siendo:

$\vartheta$	Volumen específico del agua de lastre
$\Delta P$	Altura manométrica
$\dot{Q}_{bba \text{ Lastre}}$	Caudal de la bomba de lastre
$\mu_h$	Rendimiento hidráulico
$\mu_{el}$	Rendimiento eléctrico

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Debido a la morfología del sistema, las bombas siempre se encuentran en carga por lo que no se instalará bomba alternativa de stripping.

Se seleccionarán dos bombas para agua salada con un caudal por bomba de 330 m<sup>3</sup>/hora y una descarga a una altura total estimada de 25 m, y una potencia de 4,11 kW.

En estas condiciones y para una velocidad del agua en la tubería de 2 m/s se obtiene un diámetro de tubo de 2". La tubería se ejecutará en acero sin costura en calidad S235JR / Sch40.

## **2.3.- Servicio de baldeo y contra incendios**

El servicio de baldeo y el de contra incendios de agua salada comparten el mismo sistema de tuberías.

Consiste en una línea de tubería, que partiendo de las bombas ubicadas en la Cámara de Máquinas recorre toda la cubierta del buque por su banda de babor. En realidad se trata de una red de contra incendios de agua, que se utiliza también para baldear la cubierta.

Esta línea incluye el servicio de agua salada al escobén para la limpieza de la cadena y las anclas durante el izado de las mismas en la maniobra de levar.

Puesto que El Convenio SOLAS, en su capítulo II-2 recoge las disposiciones relativas a prevención, detección y extinción de incendios, las cuales son aplicables a todos los buques construidos a partir del 1 de julio de 2002, se tomarán las citadas prescripciones como regla de cálculo.

Las tuberías se ejecutarán en tubo de acero sin costura en calidad S235JR y Sch40. El servicio se especifica según plano PFC 13 del Anexo 1

### **2.3.1.- Dimensionamiento de las bombas CI**

Las bombas CI se dimensionarán de acuerdo con el SOLAS, CAPÍTULO II-2 Construcción – Prevención, detección y extinción de incendios Parte C Regla 10.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



La capacidad de las bombas de CI se fija, según la Regla 10 2.2.4.1.2 en función de la necesidad de achique de sentinas del buque en caso de vía de agua en el mismo, la cual se fijó en 28 m<sup>3</sup>/h según los cálculos del epígrafe 4.7.4. “Bombas principales de achique de sentinas”.

Por tanto:

$$\dot{Q}_{CI} = \frac{4}{3} \dot{Q}_{Sentinas} = \frac{4}{3} \cdot 28 \text{ m}^3/\text{h} = 37,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al disponer de dos bombas, cada una de ellas deberá ser capaz de asumir la mitad del caudal total.

No obstante, la capacidad de cada una de las bombas deberá cumplir con los siguientes criterios:

- Capacidad mínima 25 m<sup>3</sup>/h
- Capacidad suficiente para poder suministrar agua al menos a dos bocas de contra incendios simultáneamente.
- La capacidad será mayor de:

$$\dot{Q}_{BBA\ CI} > 80\% \frac{\dot{Q}_{CI}}{2} > 80\% 18,65 = 14,92 \text{ m}^3/\text{h}$$

Por tanto se adopta como caudal de la bomba de contra incendios:

$$\dot{Q}_{BBA\ CI} = 25 \text{ m}^3/\text{h}$$

Según la Regla 10.2.2.2.2 de SOLAS se instalarán dos bombas gemelas para este servicio, las cuales deberán mantener según la Regla 10 2.1.6.2. una presión de descarga en las bocas del circuito no inferior a 0,25 N/mm<sup>2</sup>

Según SOLAS el valor de la presión en el colector principal de CI en la boca mas alejada de la bomba no será inferior a 3 bares. Si se considera una boca de incendio situada en la cubierta del puente como punto de máxima altura manométrica y la boca de mas a proa

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





del buque como punto mas alejado de la bomba, tomado en cuenta las pérdidas de carga y una diferencia de altura manométrica en torno a 10 m se estima suficiente una presión a la descarga de la bomba de 4 bar.

La potencia absorbida por cada una de las bombas resulta:

$$Pot_{BBA\ CI} = \frac{\vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}_{BBA\ CI}}{\mu_h \cdot \mu_{el}}$$

$$Pot_{BBA\ L} = 0,0009756 \cdot 4 \cdot 10^5 \cdot 25 = 9,75\ kW$$

Siendo:

$\vartheta$	Volumen específico del agua salada
$\Delta P$	Altura manométrica
$\dot{Q}_{bba\ Lastre}$	Caudal de la bomba de lastre
$\mu_h$	Rendimiento hidráulico
$\mu_{el}$	Rendimiento eléctrico

Se seleccionarán dos bombas para agua salada con un caudal por bomba de 25 m<sup>3</sup>/hora y una descarga a una altura total estimada de 40 m, y una potencia unitaria de 9,75 kW.

### 2.3.2.- Colector de CI

Para el cálculo del diámetro del colector de CI se aplicarán los criterios de SOLAS Chapter II, que limita la velocidad de circulación del agua salada a 2 m/s para evitar corrosión excesiva en el circuito.

Para un caudal de 25 m<sup>3</sup>/ resulta un diámetro:

$$\dot{Q}_{CI} = S \cdot v = \pi \cdot \frac{d_{CI}^2}{4} \cdot v$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Por tanto:

$$d_{CI} = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot \dot{Q}_{CI}}{\pi \cdot v}} = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot 25}{\pi \cdot 2 \cdot 3.600}} \quad 0,0664 \text{ m}$$

Se tomará el primer valor del diámetro nominal comercial disponible que se corresponde con un diámetro en pulgadas de 2 1/2”.

### 2.3.3.- Bocas contra incendios

Las bocas serán del tipo internacional aprobado para contra incendios denominado “Conexión Internacional Barcelona”

Se instalarán un número de bocas suficiente para atender las necesidades del buque, de manera que dos chorros lanzados simultáneamente desde diferentes bocas conectadas con mangueras alcancen cualquier espacio del buque.

Todas las bocas deberán recibir presión suficiente para que, conectada una manquera, el chorro tenga presión suficiente para pasar por encima de la borda de la banda contraria a la que se encuentra instalada

### 2.3.4.- Conexión Internacional a Tierra C.I.T.

Un elemento prioritario del sistema CI por agua salada del buque es la C.I.T. Es un elemento fundamental de la seguridad del buque sin el que no se autorizará a navegar en ningún caso.

Consiste en una brida normalizada, según SOLAS en su capítulo II-2, regla 10 y FSS Code capítulo 2 dispuesta para ser instalada en el colector de CI del buque en cubierta y poder conectar la red CI del buque a una fuente de agua externa, lo cual puede ser necesario en caso de que el buque esté desprovisto de energía propia, ya por un accidente o porque se encuentre en reparación en astillero.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Sus dimensiones están normalizadas por SOLAS y se corresponden con las del esquema de la tabla:

Description	Dimension
Outside diameter	178 mm
Inside diameter	64 mm
Bolt circle diameter	132 mm
Slots in flange	4 holes, 19 mm in diameter spaced equidistantly on a bolt circle of the above diameter, slotted to the flange periphery
Flangethickness	14.5 mm minimum
Bolts and nuts	4, each of 16 mm diameter, 50 mm in length

Tabla V2/C3-T2: Lastre total en el “Buque Proyecto”  
Fuente: Elaboración propia

Se llevará una conexión y los medios necesarios para poder utilizarla en ambos costados del buque.

## **2.4.- Equipo de fondeo, amarre y remolque**

Para el análisis del equipo de fondeo, amarre y remolque se seguirán las recomendaciones contenidas en las reglas de la sociedad de clasificación DnV, Rules for Ships, January 2012 Pt.3 Ch.3 Sec.3 “ANCHORING AND MOORING EQUIPMENT”

El equipo de fondeo viene especificado por el numeral de equipo, que según las reglas de DnV se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E N = \Delta^{2/3} + 2 B H + 0.1 A$$

Siendo:

E N: Numeral del Equipo (Equipment Number)

$\Delta$ : Desplazamiento

B: Manga

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



H:  $H = a + \sum h_i$

a = Distancia en metros desde la línea de carga de verano a la cubierta superior en la sección maestra

$h_i$  = Altura de las superestructuras con manga superior a  $B/4$  medida en crujía

A: Área en m<sup>2</sup> del perfil de casco, superestructuras y casetas sobre la línea de verano

$$EN = 1.244^{2/3} + 2 \cdot 9,5 \cdot (2 + 5) + (0.1 \cdot 150) = 263,668$$

De acuerdo con el Numeral del Equipo, se tomará el valor 263,558, que según la tabla C1 de las referidas reglas de DnV, las características del equipo de fondeo son:

Numeral del Equipo	Letra	Número de anclas	Peso del ancla	Longitud de cadena	Grado del acero	Diámetro
263,558	I	2	780 kg	330 m	NV K3	22 mm

Tabla V2/C3-T3: Características del equipo de fondeo  
 Fuente: Elaboración propia

El equipo de fondeo y remolque cumplirá con las prescripciones sobre materiales reflejadas en las reglas de DnV Part 2. Se ha tomado calidad Ke para reducir la potencia del molinete.

### 2.4.1. Anclas

Se dispondrán dos anclas tipo Hall de 780 kg cada una de ellas.

Serán de acero fundido y se unirán a la cadena mediante un eslabón giratorio y los correspondientes eslabones de conexión

#### 2.4.1.1.- Grillete del ancla

Siguiendo la regla D301, resulta para el diámetro de los grilletes “ds”:

$$ds = 1.4 dc = 1,4 \cdot 22 \text{ mm} = 30,8 \text{ mm}$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Siguiendo la regla D302, resultan para el diámetro del pin de unión “dp”:

$$dp = 1.5 dc = 1,5 \cdot 28 \text{ mm} = 33 \text{ mm}$$

Las dimensiones y proporciones de la cadena a partir de los resultados obtenidos en la tabla V2/C3-T2 se representan en la figura V2/C3-F2

### 2.4.2. Cadenas

Se considerarán todos los grilletes como parte integrante de la cadena, a excepción del grillete del ancla que se ha considerado como parte del ancla.

Ambas cadenas obviamente serán gemelas.

La longitud de cadena calculada por medio del numeral y según la tabla C1 de las reglas se refiere a la longitud total de cadena para el buque.

De acuerdo con la regla 201 esta longitud se deberá repartir a partes iguales entre las dos anclas, de manera que la longitud total de cada cadena será de:

$$L_c = 330/2 = 165 \text{ m}$$

Considerando largos de cadena de 27,5 m de longitud, la medida de la cadena es de 6 largos de cadena por ancla.

Las proporciones de la cadena se ajustarán, en función de los resultados obtenidos en función del diámetro proporcionado por la tabla C1 según las cotas representadas en la figura V2/C3-F2.

Para la unión de los largos de cadena se utilizarán eslabones de patente Kenter.

Todos los eslabones de cadena llevarán contrrete, para evitar la deformación del eslabón a tracción.

La presencia del contrrete es favorable, ya que eleva la resistencia a tracción de la cadena hasta un 20%.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La disposición general de un largo de cadena del “Buque Proyecto” se muestra en la figura V2/C3-F3

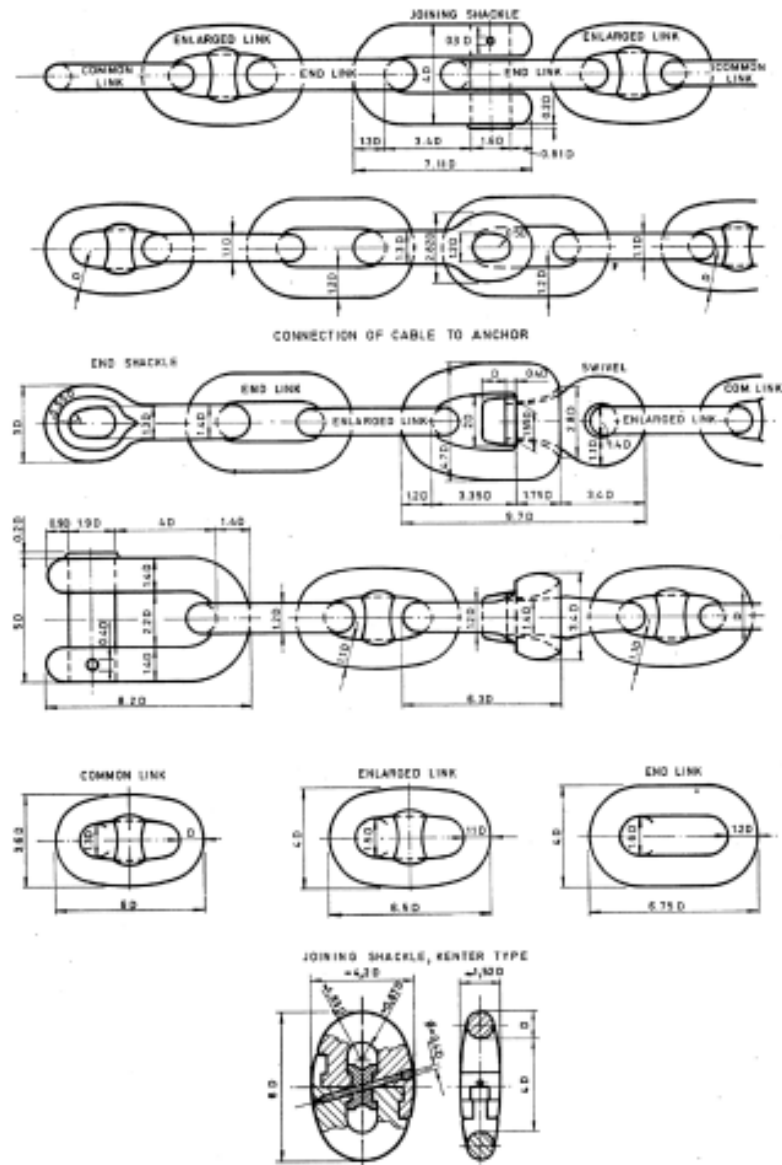


Figura V2/C3-F1: Proporciones de la cadena de fondeo  
Fuente: Reglas DnV

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

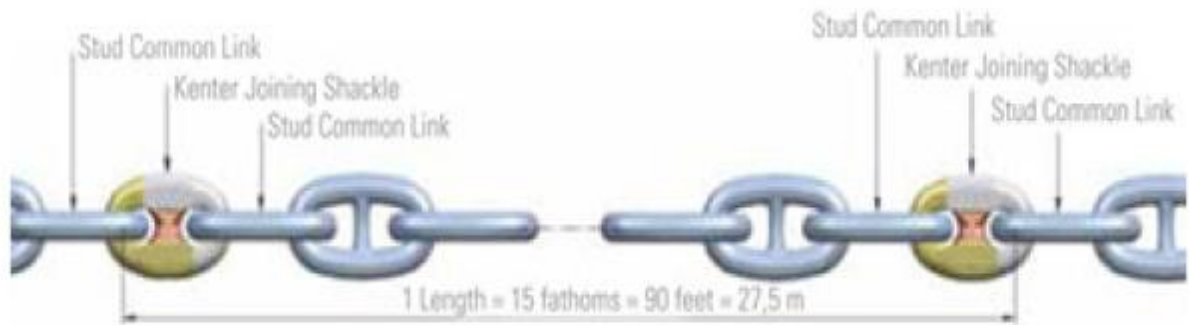


Figura V2/C3-F2: Disposición del largo de cadena  
Fuente: Cadenas Vicnay

El grillete de unión de la cadena a la argolla de fijación a la caja de cadenas será giratorio e idéntico al grillete de unión del ancla con la cadena. La cadena se fijará tanto al ancla como a la caja de cadenas por el “End Link”, según la figura V2/C3-F4

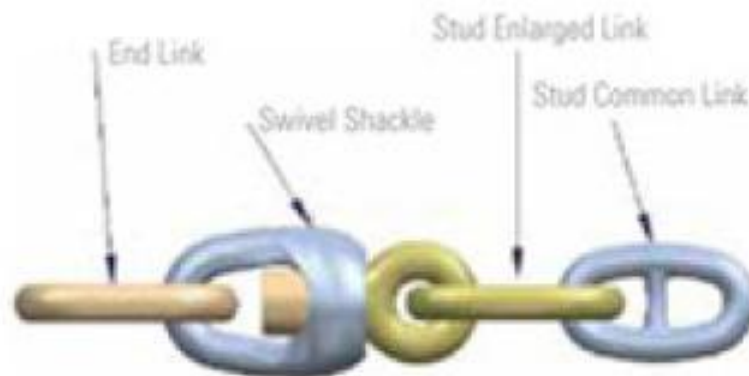


Figura V2/C3-F3: Unión cadena ancla – cadena caja de cadenas  
Fuente: Cadenas Vicnay

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



### 2.4.3. Molinete

El molinete cumplirá con lo estipulado en la Rules for ships, Pt.3 Ch.3 Sec.3, apartado F de las reglas de DnV.

El material de construcción, de acuerdo con la Regla F200 será fundición nodular y cumplirá con los requisitos de la tabla F2.

La disposición será de un molinete con dos barbotenes embragables con freno individual, de manera que se pueda operar cada uno de ellos independientemente del otro. Montará dos cabirones, uno en cada extremo y su accionamiento será electrohidráulico.

#### 2.4.3.1.- Potencia absorbida por el molinete

En el epígrafe 3.3.2 “Accionamiento hidráulico de los medios de amarre y fondeo” del capítulo 2.2 quedó pendiente definir la potencia de accionamiento de los medios de amarre y fondeo, es decir el molinete y los chigres de maniobra.

Para el cálculo de la potencia absorbida por el molinete, las reglas de DnV dejan una cierta libertad al diseñador, marcando unos límites inferiores recogido en la regla de DnV F105, la cual en su tabla F1 plantea los siguientes requisitos a la operación del molinete.

Estos requisitos son:

- Fuerza de elevación durante 30 minutos en N:  $F_e = 36.8 \text{ dc}$
- Velocidad media de elevación:  $V_e = 9 \text{ m/min}$
- Fuerza máxima de elevación durante 2 min  $F_{mx} = 1,5 \cdot F_e$

Por tanto:

$$F_e = 36,8 \cdot 28 = 1,03 \text{ kN}$$

$$F_{mx} = 1,5 \cdot 1,03 = 1,54 \text{ kN}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





Estos valores se completarán con el cálculo directo para obtener la potencia absorbida por el molinete.

El peso de la cadena es de 305 kg por largo [1], lo que supone para una longitud de 6 largos un peso total de la cadena de:

$$P_{\text{total cad}} = 6 \cdot 305 = 1.830 \text{ kg}$$

La capacidad de elevación del molinete se corresponde con una longitud de cadena a levantar por el molinete en función de la capacidad de fondeo del buque. Se toma como referencia el calado del fondeadero de Tarragona [2] que es de 26 m, aceptándose este valor como sonda máxima de fondeo para el “Buque Proyecto”

Por tanto, en la condición mas desfavorable, calado en rosca de 1 m, la distancia máxima desde cubierta hasta el fondo, para un puntal de 5,5m será de 4,5 m mas los 26 m que se han establecido como límite de fondeo resulta una longitud de cadena de 30,5. A este valor se añadirá una altura sobre cubierta del eje del molinete de 1m. Por tanto la longitud máxima de cadena que habrá que recoger a la pendura es de 31,5 m. Afectando este valor de un factor incremental del 25% se plantea una profundidad máxima de fondeo de 40 m.

La experiencia recomienda dejar en el agua de 2 a 3 veces en largos de cadena el valor de la sonda de fondeo. Es decir que para 40 m de sonda, lo que supone 1,5 grilletes, habría que añadir a entre 3 y 4,5 grilletes para garantizar la estabilidad del fondeo.

Esta condición ratifica la limitación de la sonda de fondeo para el “Buque Proyecto”, ya que en se tendrían en el agua entre 4,5 y 6 grilletes, longitud máxima de cadena disponible a bordo.

Se dan dos situaciones, una el izado de los largos de cadena y otra el izado de los 40 m de cadena más el ancla. Puesto que el peso por largo de la cadena es de  $PL_{\text{cad}} = 305 \text{ kg/largo}$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Estas dos condiciones resultan:

$$P_{cad-fondeo} = 40 \text{ m} \cdot \frac{305 \text{ kg/largo}}{27,5 \text{ m/largo}} = 443,63 \text{ kg}$$

$$P_{fondeo-ancla} = 40 \text{ m} \cdot \frac{305 \text{ kg/largo}}{27,5 \text{ m/largo}} + 780 = 1.223,63 \text{ kg}$$

De las diferentes condiciones de carga resulta:

$$F_e 1,03 \text{ kN} < F_{mx} = 1,54 \text{ kN} < P_{cad-fondeo} = 3,42 \text{ kN}$$

$$P_{fondeo-ancla} = 11,13 \text{ kN}$$

Se analizará la potencia del molinete para la condición máxima:

$$P_{fondeo-ancla} = 11,13 \text{ kN}$$

El factor crítico en el cálculo de la potencia es la velocidad de izado que debe mantener el molinete. Según la regla F105, esta velocidad tendrá un valor medio de  $V_{molinete} = 9 \text{ m/min}$

Considerando los diferentes rendimientos:

- Rendimiento mecánico:  $\eta_m = 0,98$
- Rendimiento hidráulico  $\eta_h = 0,65$
- Rendimiento eléctrico  $\eta_{el} = 0,90$

Se tendrá en cuenta un factor de seguridad del 10%,  $f=10\%$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



DnV no marca reglas en cuanto al incremento de potencia del molinete necesaria para virar la cadena en caso de agarre del ancla. Diversas sociedades de clasificación aplican factores de mayoración de la potencia del molinete entre 6 y 12 veces la potencia necesaria para el izado.. Se tomará un factor de mayoración de 5  $F_{molinete} = 5$

En estas condiciones, la potencia absorbida por el molinete será:

$$P_{molinete} = \frac{P_{cad} \cdot v}{\mu_m \cdot \mu_{el} \cdot \mu_h} \cdot f = \frac{11.130 \text{ N} \cdot 0,15 \text{ m/s}}{0,98 \cdot 0,9 \cdot 0,85} \cdot 1,1 \cdot 5 = 16,01 \text{ kW}$$

#### 2.4.4. Estopor

Se instalará un estopor de rodillos entre el molinete y el escobén para descargar al molinete de la transmisión de cargas del ancla y la cadena en navegación o en fondeo

#### 2.4.5.- Cabos de amarre y remolque

Los cabos de amarre y remolque se definen según el numeral del buque.

##### 2.4.5.1.- Cabos de amarre

Según el apartado C de la sección 3 de la parte 3 de las reglas, al “Buque Proyecto”, según su Numeral de Equipo le corresponden cuatro cables de amarre de una longitud mínima de 120 m cada uno, cuya tensión de rotura no será inferior a 69 kN.

Por facilidad de manejo y estiba se adoptará un cable de fibra sintética de acuerdo con los criterios de la regla G200.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



#### 2.4.5.2.- Cabo de remolque

Según el apartado C de la sección 3 de la parte 3 de las reglas, al “Buque Proyecto”, según su Numeral de Equipo le corresponde un cable de remolque de longitud mínima 180 m, ya sea en fibra o alambre.

La tensión de rotura del cable no será inferior a 150 kN.

Por facilidad de manejo y estiba se adoptará un cable de fibra sintética de acuerdo con los criterios de la regla G200.

#### 2.4.6.- Winches de amarre para maniobra de popa

Según la Regla G501, la máxima tensión en el winch no debe exceder 1/3 de la tensión de rotura del cabo.

Para el “Buque Proyecto”, se utilizarán los cabirones del molinete a proa y se instalará un winch de eje vertical a popa que cumpla con los requisitos de la regla G501.

Puesto que la tensión de rotura del cabo de amarre es de 69 kN, la tracción máxima en el chigre será de

$$T_{chigre} = 69/3 = 23 \text{ kN}$$

Para evitar que en el momento de zafar los cabos se puedan liar en la maniobra de izado, se estima una velocidad de recogida de 15 m/min. El accionamiento será electrohidráulico.

Teniendo en cuenta los rendimientos eléctrico, hidráulico y mecánico y sus valores, que serán los mismos que los tomados para el cálculo de la potencia del molinete; considerando un factor de seguridad del 10%,

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



la potencia necesaria para maniobrar el chigre será:

$$P_{molinete} = \frac{T_{chigre} \cdot v}{\mu_m \cdot \mu_{el} \cdot \mu_h} \cdot f_1 = \frac{23.000 \text{ N} \cdot 0,25 \text{ m/s}}{0,98 \cdot 0,9 \cdot 0,65} \cdot 1,1 = 11,38 \text{ kW}$$

#### 2.4.7.- Bitas

Para el amarre colocaremos dos bitas en la cubierta del castillo de proa y otras dos a popa.

Se instalarán dos bitas a cada banda en la cubierta principal equiespaciadas según la eslora para el amarre.

Independientemente de estas bitas, para el remolque se instalará una bita en proa y otra en popa.

Para cada bita se instalará la gatera correspondiente.

### 2.5.- Equipo de gobierno

Aunque tradicionalmente el servicio de gobierno se ha considerado un servicio del casco, dada su afinidad con la Cámara de Máquinas se ha descrito en el capítulo 2.1 correspondiente a los sistemas de Cámara de Máquinas.

## 3.- SERVICIOS DE LA CARGA

Las rutas de navegación que el buque tiene previstas sugieren la necesidad de instalar medios de carga y descarga propio.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.1.- Medios de carga y descarga

Debido a que en la mayoría de los tráficos se transportarán bien áridos de construcción a granel o pallets, el armador sugiere la instalación de una retroexcavadora en cubierta capaz de descargar los graneles con la pala y con disposición para manipular pallets con el brazo de la máquina una vez desmontada la pala.

Esta máquina se desplazará en sentido proa-popa y viceversa apoyada sobre unos raíles dispuestos a tal efecto sobre la brazola de la bodega.

### 3.2.- Cierre de la bodega: tapas de escotilla

El buque dispone de una única bodega corrida. Alrededor de la misma se dispondrá de una brazola que permitirá el cierre estanco mediante las tapas de escotilla.

Dentro del criterio de minimización del coste del ciclo de vida del buque se instalarán tapas de escotilla de manejo sencillo que no exijan instalaciones hidráulicas o eléctricas adicionales para su manejo. Por tanto se adoptará un sistema de tapas de escotilla del tipo Mac-Gregor plegable deslizante, las cuales dispondrán de juntas de goma para hacer estanco el cierre e irán trincadas por medio de trincas de acero con goma de instalación manual.

La disposición de este tipo de escotilla se aprecia en la figura V2/C3-F5, en la cual se puede apreciar su manipulación. Esta disposición permite la apertura y cierre de las tapas mediante los cabrones del molinete del ancla, evitando incluir un equipo específico para esta operación. El molinete del ancla nunca entra en simultaneidad con el servicio de maniobra de las tapas de la bodega por lo que tampoco será necesario incrementar la potencia eléctrica del buque.

Se dispondrán dos sistemas de tapas de manera que cada uno de ellos cubra la mitad de la eslora de la escotilla, es decir que cuando se abren la mitad de las tapas abren hacia proa y la otra mitad de las tapas hacia popa, aprovechando al máximo el espacio disponible en cubierta.

El cable de apertura y cierre o amante, va engrilletado a la primera de las tapas. En la maniobra de apertura tira de ellas forzándolas a subir por las rampas apoyadas en los rolines, plegándose en posición vertical entre la brazola de tapas y el tope de tapas.

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



En la maniobra de cierre el amante para la apertura laborea en sentido contrario a las tapas por medio de una pasteca de reenvío, que le obliga a virar de las tapas en sentido opuesto, cerrando la bodega.

La estanqueidad del cierre se garantiza mediante una frisa de goma (11) que se azoca contra la pestaña de la brazola al cerrar. La escotillas se aseguran trincas manuales de cierre (6)

- |                        |                                 |                               |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1. Brazola             | 2. Barraganete                  | 3. Tapa de Escotilla plegable |
| 4. Rolines             | 5. Amante de apertura - cierre, | 6. Trincas de cierre,         |
| 7. Orejetas de trinca  | 8. Escotilla,                   | 9. Frisa de escotilla,        |
| 10. Cadena de remolque | 11. Frisa de Tapa               | 12. Rampa de Tapas            |
| 13. Tope de tapas      |                                 |                               |

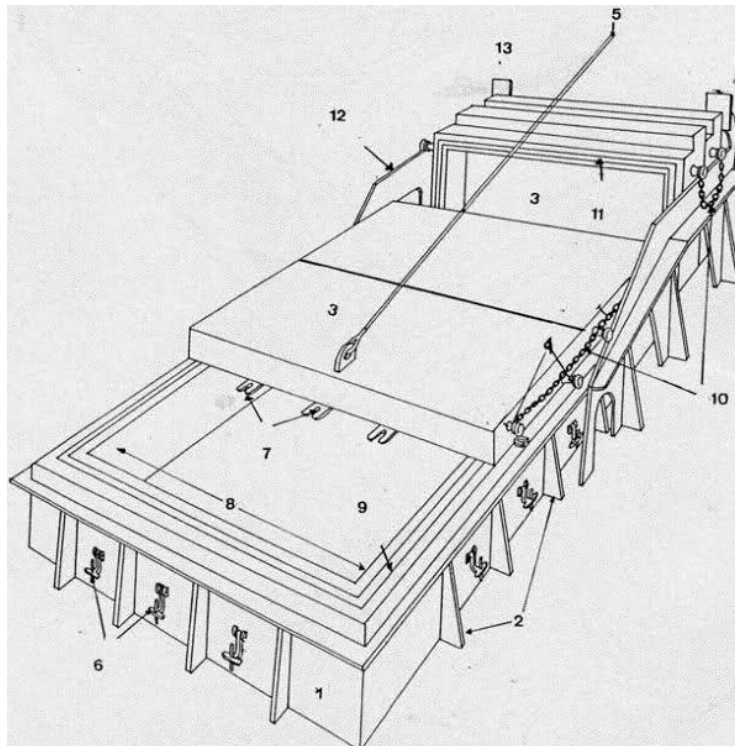


Figura V2/C3-F4: Tapas de escotilla plegables  
Fuente: Mac Gregor

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.3.- Ventilación de bodega

La bodega del buque se ventilará mediante circulación natural. Se instalarán cuatro manguerotes normalizados de 600 mm de diámetro, dos a proa y dos a popa

Los manguerotes o sus conductos/soportes tendrán cierre contra incendios y será de chapa de acero galvanizado.

## 4.- EQUIPO DE SEGURIDAD

La dotación de seguridad del “Buque Proyecto”, dada su bandera deberá cumplir con los requisitos del “Certificado de seguridad del equipo” que exige la Administración Española y la reglamentación internacional, concretamente el capítulo III del SOLAS partes A y B y el Código internacional de dispositivos de salvamento (Código IDS).

La dotación de seguridad de seguridad del servicio de CI del buque, incluyendo los elementos de alarma y detección, quedan reflejados en el plano PFC 13 del anexo 1.

El equipo de seguridad que comprende los medios de salvamento y abandono, para una dotación mínima de seguridad de 6 tripulantes, queda reflejado en la relación que se detalla a continuación:

- 2 balsas salvavidas con capacidad individual para 6 personas
- 1 bote de rescate no rápido con capacidad para 6 personas
- 2 escalas de embarque
- 6 trajes de inmersión
- 6 chalecos salvavidas
- 2 aros salvavidas flotantes con luz y señal fumígena
- 2 aros salvavidas con luz
- 3 aros salvavidas con rabiza
- 1 dispositivo lanzacabos
- 6 bengalas de mano
- 12 cohetes lanza bengalas con paracaídas
- 3 unidades de transmisor – receptor VHF / WALKIE TALKIE
- 2 radiobalizas automáticas

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





- 1 radiobaliza manual
- 1 transpondedor de radar
- 1 botiquín de primeros auxilios
- 5 dispositivos de respiración para escape de emergencia

## 5.- SERVICIOS DE LA HABILITACIÓN

Se entiende por servicio de habilitación la capacidad del buque para alojar a los tripulantes de manera continuada con el nivel de ergonomía confort y seguridad necesarios para garantizar las operaciones de la tripulación durante los prolongados periodos de estancia en la mar.

El “Buque Proyecto” se ha diseñado para una “Dotación Mínima de Seguridad” de 6 tripulantes, por lo que posee particularidades que matizan y simplifican en extremo la habilitación.

En el plano de distribución general del buque, plano PFC 2 se muestra la disposición general de la habilitación

### 5.1.- Requisitos de seguridad e higiene

En lo que se refiere a la seguridad, la habilitación deberá tener un diseño que permita mantener su integridad ante las agresiones de la mar y el fuego.

Así pues Los mamparos de la superestructura tendrán la resistencia estructural necesaria para soportar los esfuerzos producidos por las olas que incidan contra ellos y se diseñarán para evitar

la aparición de grietas que pudieran arruinar la estructura. Para ello se redondearán las esquinas de puertas, portillos y todo tipo de aperturas.

Todas las puertas y aperturas cumplirán con el reglamento de francobordo según el Convenio Internacional de Líneas de Carga, instalándose puertas estancas y portillos estancos con vidrios de seguridad homologados allá donde lo requiera el Convenio.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Para proteger a la tripulación ante las situaciones de incendio a bordo Los mamparos límites exteriores de las superestructuras serán de acero y su aislamiento será "A-60" SOLAS.

Todas las zonas de habitación, así como las gambuzas y cocinas van aisladas térmicamente, con un revestimiento de los mamparos capaz proteger y aislar térmica y acústicamente esas zonas, sirviendo a la vez de revestimiento contra incendios.

En cuanto a la higiene, toda la habitación se dotará de los medios necesarios de renovación de aire, climatización, suministro de agua dulce sanitaria y evacuación de aguas grises y negras, los cuales son objeto de análisis en los epígrafes siguientes.

## 5.2.- Equipo de fonda y hotel

El equipo de fonda y hotel está compuesto por la instalación frigorífica de la gambuza, los frigoríficos independientes de la cocina y salas de tripulación, los electrodomésticos del equipo de la cocina y del servicio de lavandería, aparatos de sonido e imagen, fuentes frías para el consumo de agua, las máquinas de autoservicio y en su caso relojes de algunos locales.

### 5.2.1.- Cocina - Gambuza

Debido al tipo de navegación eminentemente costera, al reducido tamaño del buque y al bajísimo número de tripulantes, no se instalará una gambuza separada. Para el servicio de gambuza se dimensionará adecuadamente la cocina para dotarla de un conjunto de congeladores independientes conectados directamente a la red eléctrica del buque.

Se instalarán en el espacio destinado a cocina dos congeladores para carne (-20°C) y uno para pescado (-20°C), instalando dos refrigeradores mas para frutas y vegetales (+5°C).

Se estima una potencia eléctrica de 0,5 kW por cada unidad congeladora y refrigeradora de la gambuza.

Adicionalmente la cocina dispondrá de un frigorífico de 1.200 l de capacidad para servicio diario de una potencia estimada de 0,75 kW

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La cocina se dotará de los siguientes electrodomésticos:

- Una cocina eléctrica de cuatro parrillas de 5 kW de consumo eléctrico.
- Un horno eléctrico de 100 litros, con un consumo de 2,5 kW
- Un horno de pan de 2,5 kW.
- Una marmita eléctrica de 5 litros con un consumo de 2 kW.
- Dos freidoras de 3 litros y 2,5 kW cada una
- Dos hornos microondas de 30 litros de 0,9 kW cada uno.
- Una amasadora de 20 litros de 1 kW.
- Un molinillo de café de 1,5 kW.
- Una cafetera eléctrica con un consumo de 2,5 kW.
- Un termo para leche de 1,2 kW.
- Dos lavavajillas con un consumo unitario de 2 kW

### 5.2.2.- Fuentes frías

Para que la tripulación tenga a su disposición agua fría las 24h del día , se instalará una fuente fría en la cubierta principal y otra en la cubierta de máquinas de 300 l/h de capacidad con una potencia instalada estimada 0,5 kW

### 5.2.3. Servicios higiénicos: Equipo de lavandería y suministro de agua sanitaria

Los servicios sanitarios de la habilitación comprenden la acometida de agua dulce sanitaria para la operación de lavabos, duchas e inodoros así como la evacuación de las aguas grises y las aguas negras; así como el tratamiento de la lencería del buque.

Las tres partidas que componen estos servicios son:

- Suministro de agua dulce sanitaria no potable
- Evacuación de aguas grises y negras
- Lavandería

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Todos estos servicios se describen por separado a continuación:

### 5.2.3.1.- Suministro de agua dulce sanitaria no potable

El suministro de agua dulce sanitaria a la habitación se hará mediante una red de suministro.

Esta red, compuesta por un tanque de agua dulce sanitaria, un conjunto de tuberías específico y las correspondientes instalaciones de bombeo se analizará en el epígrafe 5.4 de este mismo capítulo, en el que se dimensionan los equipos correspondientes a este servicio

### 5.2.3.2.- Evacuación de aguas grises y negras

Las aguas grises son aquellas que proceden de los desagües de las pilas de la cocina, lavabos, duchas y lavandería. Las aguas negras son las que proceden de las descargas de los inodoros.

La descarga de los efluentes del buque denominados aguas grises y negras está regulada por el convenio MARPOL, por lo que se analizará en el epígrafe 6 de este mismo capítulo, en el que se dimensionan los servicios ecológicos del buque

### 5.2.3.3.- Equipo de lavandería

La lavandería se encuentra en la cubierta de máquinas. Estará dotada de los siguientes equipos que serán de uso discrecional de la tripulación:

- Dos lavadoras industriales de 15 Kg de capacidad, con potencia unitaria de 2 kW
- Dos secadoras industriales de 15 Kg de capacidad, de 1,5 kW cada una.
- Dos lavadoras de 5 Kg de capacidad, de 0,6 kW cada una.
- Una secadora de 5 Kg de capacidad, de 0,5 kW
- Dos planchas con mesa de 0,25 kW de potencia unitaria

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



#### 5.2.4.- Frigoríficos en camarotes y salas de recreo

Se instalarán diversos frigoríficos en el buque para el uso de la tripulación:

- Camarote del Capitán  
Un frigorífico de 100 litros de potencia aproximada 0,1 kW
- Camarote del Jefe de Máquinas  
Un frigorífico de 100 litros de potencia aproximada 0,1 kW
- Camarotes de tripulación  
Un frigorífico de 100 litros de potencia aproximada 0,1 kW en cada uno
- Salón de Oficiales  
Un frigorífico de 250 litros de potencia aproximada 0,3 kW
- Camarote de tripulación  
Un frigorífico de 250 litros de potencia aproximada 0,3 kW

La potencia total instalada en concepto de frigoríficos independientes es de 1,4 kW

#### 5.2.5. Entretenimiento

Se dispondrán equipos de televisión, aparato de DVD y sonido en todas las salas de estar y de reunión, así como en los camarotes del Capitán y del Jefe de Máquinas.

Esta disposición supone 4 equipos de televisión y 4 equipos de DVD y sonido, lo que supone una potencia acumulada estimada del equipo de entretenimiento de la tripulación de 1,6 kW.

Estos equipos serán del tipo pantalla plana y estarán fijados a los mamparos del espacio en el que se disponen

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 5.3.- Equipo HVAC

La solución del equipo o equipos de HVAC (Heating, Ventilating & Air Conditioned) del buque deberá garantizar el confort mediante el suministro de aire a la temperatura y humedad relativa adecuada y la salubridad, mediante el caudal de renovación de aire necesario en los espacios que cubre.

#### 5.3.1.- Ventilación

Previamente a la definición del sistema de climatización es necesario establecer los caudales de aire necesarios en cada uno de los espacios o zonas del buque, el cual permitirá posteriormente dimensionar los sistemas de aire acondicionado y calefacción.

Los caudales de aire serán los requeridos para la ventilación de los espacios. Dependiendo de su ubicación en el buque tendrán sistemas de ventilación específicos.

Estos espacios son:

- Zona 1            Puente de gobierno
- Zona 2            Cocina
- Zona 3            Camarotes, salas de recreo lavandería y pasillos

Como factor común de cálculo, todos los espacios se considerarán con una altura la techo de 2,5 m sobre su suelo.

La velocidad media del aire en los espacios se estima en 2 m/s

Para los cálculo se considerará  $\rho_{\text{aire}} = 1,13 \text{ Kg} / \text{m}^3$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



5.3.1.1.- Zona 1: Puente de gobierno

En aras de la simplificación de las instalaciones del buque, la ventilación del puente se considerará individualmente del resto de la habitación.

Para ello se instalará un extractor en la cubierta magistral que alojará al ventilador y que comunica con el puente por medio de un manguerote.

Se instalará en la banda contraria un ventilador impulsor de idénticas características

La normativa recomienda 15 renovaciones de aire a la hora en este espacio, por lo que el caudal de

$$Q\dot{R}P = V_{puete} \cdot NR$$

Siendo:

- $Q\dot{R}P$  Caudal de renovación del puente
- $V_{puete}$  Volumen del Puente
- $NR$  Númeroe renovaciones por hora

Por tanto:

$$Q\dot{R}P = (18 \cdot 2,5) \cdot 15 = 675 \text{ m}^3/h$$

En estas condiciones, los manguerotes tendrán un dímetro  $d_{m-puente}$ :

$$d_{m-puente} = \sqrt[2]{\frac{Q\dot{R}P \cdot 4}{\pi \cdot V_{aire}}} = \sqrt[2]{\frac{675}{3600} \cdot 4} = \sqrt{\frac{\pi \cdot 2}{\pi \cdot 2}} = 0,379 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La potencia absorbida por el ventilador será

$$Pot_{vent} = \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}$$

Se estima un rendimiento hidráulico del 65% y un rendimiento eléctrico del 75%. La diferencia de presiones entre el puente y el exterior será de 50 mm.c.a.

$$\vartheta_{vent} = \frac{1}{1,13 \text{ kg/m}^3} = 0,884 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta P = 50 \text{ mm. c. a.} = 490,5 \text{ N/m}^2$$

$$\dot{Q} = 0,225 \text{ m}^3/\text{s} = 0,254 \text{ kg/s}$$

Considerando los rendimientos, la potencia eléctrica que absorbe cada ventilador resulta

$$Pot_{vent} = \frac{\vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}}{\mu_e \cdot \mu_h} = \frac{0,884 \cdot 490,5 \cdot 0,254}{0,65 \cdot 0,77} = 0,22 \text{ kW}$$

Por tanto, la potencia total instalada en el puente para la renovación de aire, considerando un ventilador de impulsión y un extractor, será de:

$$Pot_{puente} = 2 \cdot 0,22 = 0,44 \text{ kW}$$

#### 5.3.1.2.- Zona 2: Cocina

La cocina necesita 20 renovaciones de aire a la hora. Se instalará un sistema independiente de renovación del aire, de la misma manera que se ha hecho con el puente.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





La cocina tiene una superficie de 16 m<sup>2</sup>, por lo que el cálculo de renovaciones resulta:

$$Q\dot{R}C = V_{cocina} \cdot NR$$

Siendo:

- $Q\dot{R}C$  Caudal de renovación de la cocina
- $V_{cocina}$  Volumen de la cocina
- $NR$  Número de renovaciones.

Por tanto:

$$Q\dot{R}C = (16 \cdot 2,5) \cdot 20 = 900 \text{ m}^3/h$$

En estas condiciones, los manguerotes tendrán un diámetro  $d_{m-cocina}$ :

$$d_{m-puente} = \sqrt[2]{\frac{Q\dot{R}P \cdot 4}{\pi \cdot V_{aire}}} = \sqrt[2]{\frac{900}{3600} \cdot 4} = 0,399 \text{ m} \approx 0,40 \text{ m}$$

La potencia absorbida por cada ventilador será

$$Pot_{vent} = \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}$$

Se estima un rendimiento hidráulico del 65% y un rendimiento eléctrico del 75%. La diferencia de presiones entre el puente y el exterior será de 50 mm.c.a.

$$\vartheta_{vent} = \frac{1}{1,13 \text{ kg/m}^3} = 0,884 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta P = 50 \text{ mm.c.a.} = 490,5 \text{ N/m}^2$$

$$Q\dot{R}C = 0,25 \text{ m}^3/s = 0,282 \text{ kg/s}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Considerando los rendimientos, la potencia eléctrica que absorbe cada ventilador resulta

$$Pot_{vent} = \frac{\vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}}{\mu_e \cdot \mu_h} = \frac{0,884 \cdot 490,5 \cdot 0,282}{0,65 \cdot 0,77} = 0,86 \text{ kW}$$

Por tanto, la potencia total instalada en la cocina para la renovación de aire será de:

$$Pot_{puente} = 2 \cdot 0,86 = 1,73 \text{ kW}$$

#### 5.3.1.3.- Zona 3: Camarotes, salas de recreo lavandería y pasillos

La zona de Camarotes, salas de recreo lavandería y pasillos tiene una superficie de 110 m<sup>2</sup>, descontados los espacios correspondientes a la cocina y al guardacalor, Esta superficie incluye la cubierta principal y la cubierta de máquinas.

En este caso el número de renovaciones de aire para estos espacios es de NR = 18

La ventilación no se llevará a cabo de la misma manera que para los espacios del Puente o la cocina, es decir con un manguerote de impulsión y otro de evacuación, que darán servicio a ambas cubiertas. Para la zona 3 la extracción trabaja independientemente de la impulsión, por lo que se calculará de idéntica manera que la extracción del Puente o la cocina.

Sin embargo la impulsión a través de la cual se inyectan las renovaciones de aire en la zona se hará a través de la máquina de climatización. De esta manera se pueden controlar los parámetros de confort del espacio.

No obstante, se dispondrá de un ventilador de impulsión y un manguerote de aspiración conectado a la máquina climatizadora, con el objeto de facilitar la aportación de aire al equipo. El ventilador tendrá la misma

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



potencia que el ventilador de extracción y el manguerote la misma sección que el de extracción.

Por tanto se hará el cálculo para la extracción y se replicarán el manguerote y el ventilador.

La cocina tiene una superficie de 16 m<sup>2</sup>, por lo que el cálculo de renovaciones resulta:

$$Q\dot{R}C = V_{cocina} \cdot NR$$

Siendo:

- $Q\dot{R}C$  Caudal de renovación de la cocina
- $V_{cocina}$  Volumen de la cocina
- NR Número de renovaciones.

Por tanto:

$$Q\dot{R}C = (110 \cdot 2,5) \cdot 18 = 4.950 \text{ m}^3/h$$

En estas condiciones, los manguerotes tendrán un diámetro  $d_{m\text{-camarotes}}$ :

$$d_{m\text{-puente}} = \sqrt[2]{\frac{Q\dot{R}P \cdot 4}{\pi \cdot V_{aire}}} = \sqrt[2]{\frac{4.950}{\frac{3600}{\pi \cdot 2}} \cdot 4} = 0,815 \text{ m}$$

La potencia absorbida por cada ventilador será

$$Pot_{vent} = \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Se estima un rendimiento hidráulico del 65% y un rendimiento eléctrico del 75%. La diferencia de presiones entre el puente y el exterior será de 50 mm.c.a.

$$\vartheta_{vent} = \frac{1}{1,13 \text{ kg/m}^3} = 0,884 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\Delta P = 50 \text{ mm.c.a.} = 490,5 \text{ N/m}^2$$

$$Q\dot{K}C = 0,25 \text{ m}^3/\text{s} = 1,555 \text{ kg/s}$$

Considerando los rendimientos, la potencia eléctrica que absorbe cada ventilador resulta

$$Pot_{vent} = \frac{\vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{Q}}{\mu_e \cdot \mu_h} = \frac{0,884 \cdot 490,5 \cdot 1,555}{0,65 \cdot 0,77} = 1,35 \text{ kW}$$

Por tanto, la potencia total instalada en la cocina para la renovación de aire será de:

$$Pot_{puente} = 2 \cdot 1,35 = 2,7 \text{ kW}$$

### 5.3.2.- Calefacción

La calefacción de los espacios de la zona 3 se efectuará mediante baterías de resistencias eléctricas.

Estas baterías estarán integradas dentro del propio equipo de climatización.

Este sistema consiste en la instalación de una batería de calor por resistencias eléctricas en la descarga de aire de la máquina climatizadora, que es la batería roja de la máquina de la figura V2/C3-F6, la cual se controla globalmente desde el espacio al que se destina.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Para el cálculo de la potencia de calefacción se utilizará la estimación de 60 kCal /h por metro cuadrado de espacio utilizable.

Por tanto:

$$\text{Pot calef} = 60 \text{ kCal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot 110 \text{ m}^2 = 6.600 \text{ kCal/h} = 7,66 \text{ kW}$$

Se instalará una batería de resistencias de potencia total  $\text{Pot calef} = 7,66 \text{ kW}$

### 5.3.3.- Climatización

La climatización de los espacios será mediante máquina climatizadora con distribución por conductos.

Para la climatización no se considerará la cocina, la cual tendrá exclusivamente servicio de ventilación.

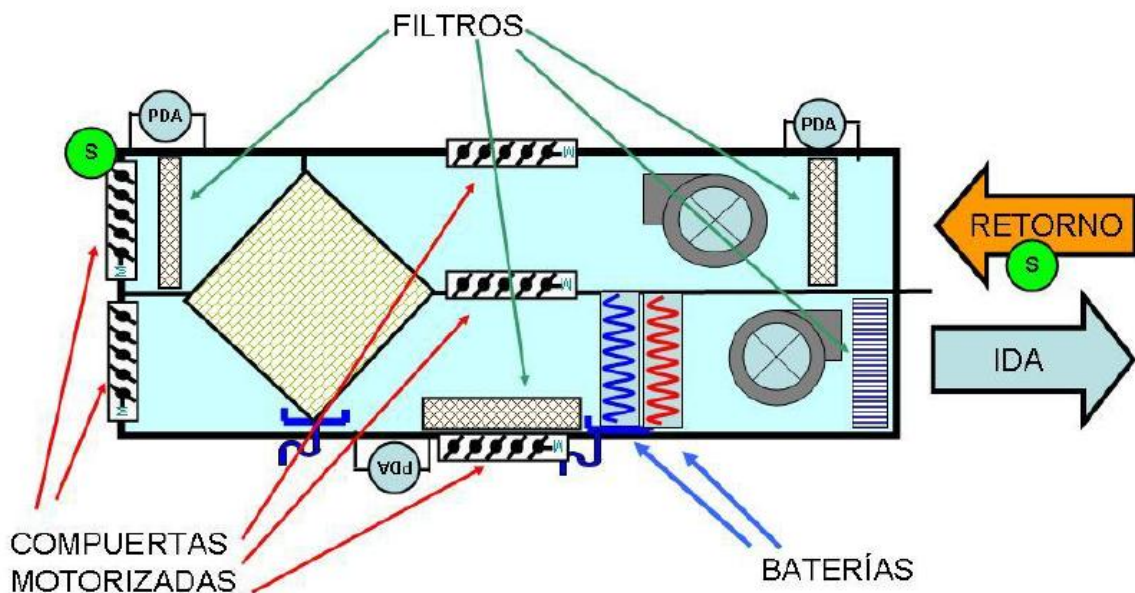


Figura V2/C3-F5: Esquema de máquina climatizadora  
Fuente: Elecnor

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La climatización en los camarotes se hará directamente al camarote, considerándose el baño como parte integral de este.

La máquina será del tipo vertical de interior, refrigerada por agua con bomba integrada y se instalará en un espacio a tal efecto en la cubierta de máquinas en el pasillo de camarotes. El retorno del aire se hará por el espacio de la habitación, utilizando para el retorno las rejillas de seguridad instaladas en las puertas de los camarotes. Su esquema de funcionamiento será el típico de una máquina climatizadora según se muestra en las figuras V2/C3-F6 y V2/C3-F7

El esquema de trabajo se corresponde con el de flujo mezclado, en el que se mezclan en la máquina el retorno y la impulsión desde el exterior, según se muestra en la figura V2/C3-F7

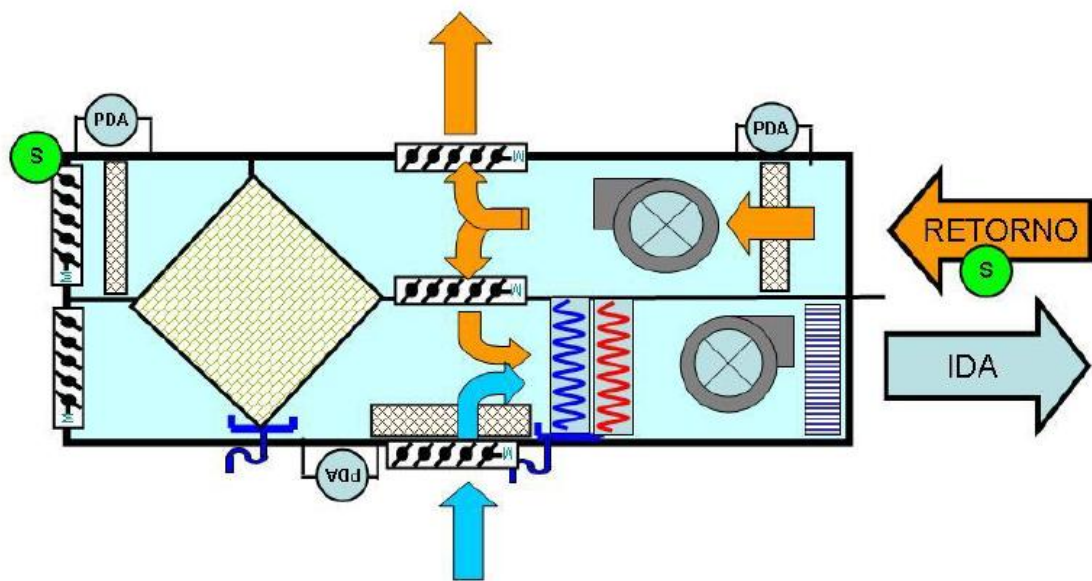


Figura V2/C3-F6: Esquema del proceso de climatización  
Fuente: Elecnor

La batería roja es la de calor y la azul es la de frío. El frío es aportado por el propio ciclo frigorífico de la máquina y el calor por una batería de resistencias eléctricas integradas en la máquina climatizadora.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La distribución del aire a los diferentes espacios se hará por conductos de fibra del tipo auto portante, con barrera de humedad, de la tipología y disposición estructural que se muestra en la figura V2/C3-F8.

Los conductos se terminarán en los espacios a climatizar con rejillas de aluminio anodizado autorregulables TROX, del tipo mostrado en la figura V2/C3-F9.

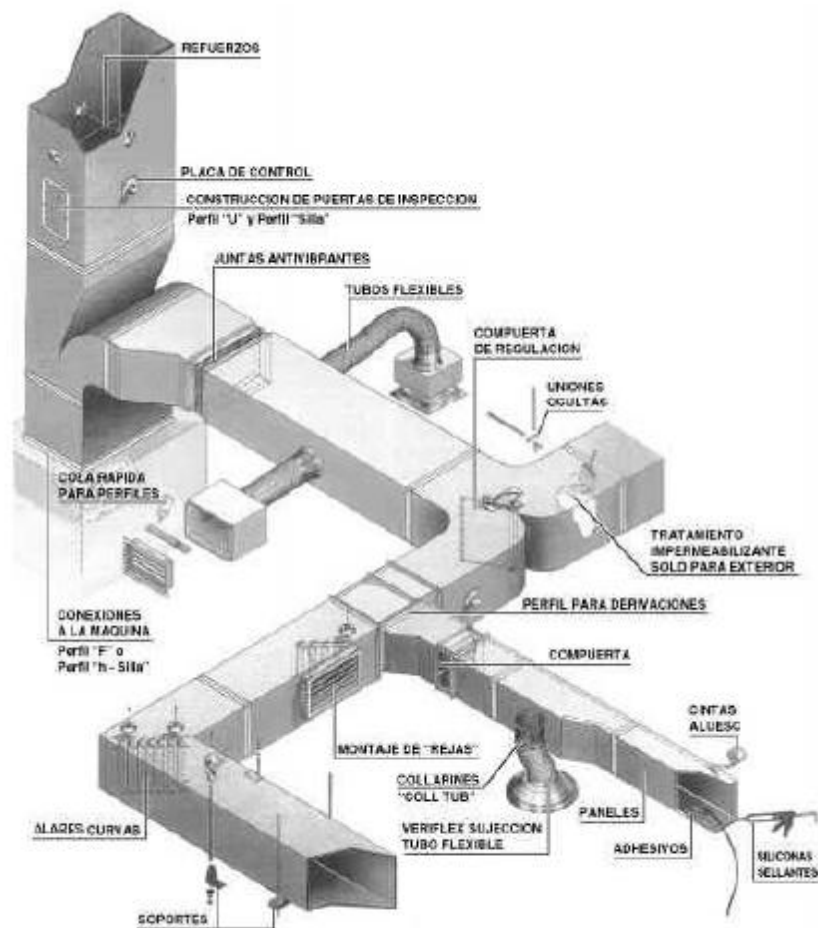


Figura V2/C3-F7: Estructura y tipología de los conductos A.A.  
Fuente: Grupo Doanire

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Las rejillas instaladas en los conductos de impulsión, como las instaladas en las puertas de los camarotes y salas de recreo para garantizar la recirculación se dimensionaran para permitir la circulación del aire en cantidad suficiente para garantizar las renovaciones de aire de cada espacio.

tendrán una superficie suficiente para que la velocidad de circulación del aire no sea superior al umbral límite para la generación de ruido marcado por el fabricante.

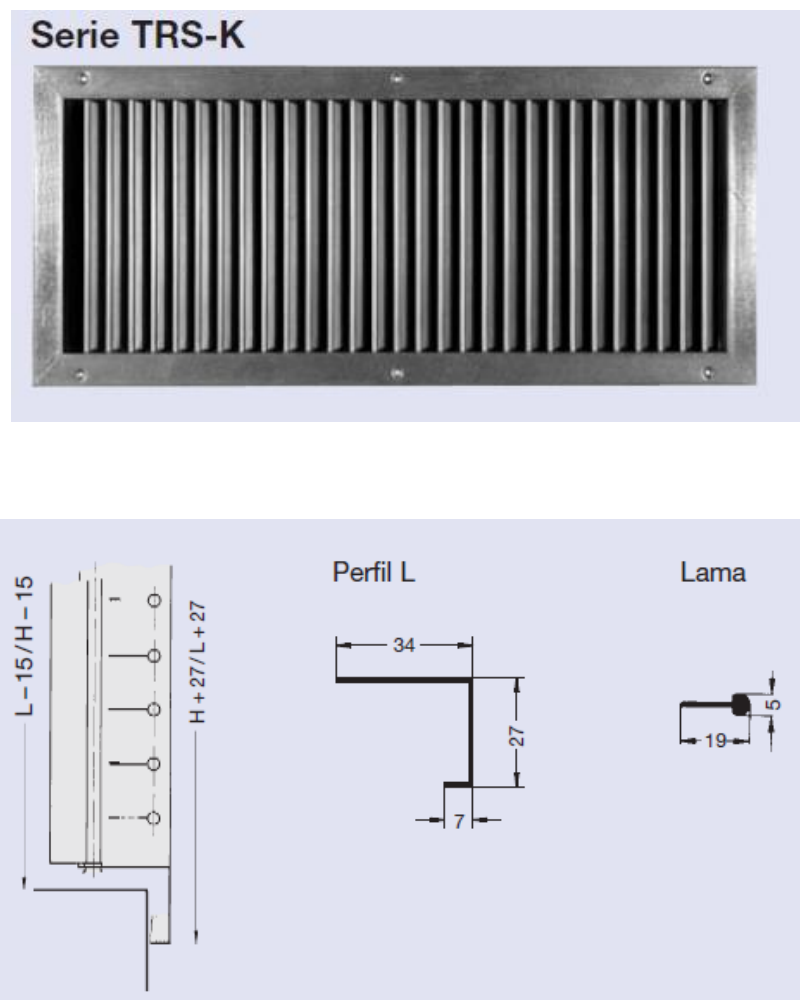


Figura V2/C3-F8: Estructura y tipología de las rejillas de A.A.  
Fuente: Trox

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





Para el cálculo de la potencia frigorífica se utilizará la estimación generalmente aceptada en la industria del aire acondicionado de 120 frigorías por hora y metro cuadrado de espacio utilizable. El valor obtenido proporciona la potencia total de la máquina en el modo de refrigeración, incluyendo la potencia de ventiladores y bombas. No se considera en esta potencia la correspondiente a las resistencias de calefacción.

Puesto que se toman 120 frigorías / h· m<sup>2</sup> y la superficie de la zona 3 tiene una superficie de 110 m<sup>2</sup>, el equipo deberá tener una potencia frigorífica total de 13.200 frigorías / h,

lo que supone una [3] potencia instalada de:

$$\text{Pot frigo} = 13.200 \text{ frigorías} / \text{h} \cdot 1,57 \text{ W} / (\text{frigoría} / \text{h}) = 20.724 \text{ W} = 20,724 \text{ kW}$$

## 5.4.- Servicios sanitarios

Los servicios sanitarios de la habilitación comprenden la acometida de agua dulce sanitaria para la operación de lavabos, duchas e inodoros así como la evacuación de las aguas grises, las aguas negras y las basuras.

Los residuos se tratarán de acuerdo con el Convenio Internacional Marpol.

En lo correspondiente a aguas sucias, según su Anexo IV: Aguas sucias de los buques, que comprenden aguas residuales procedentes de desagües, WC, lavabos, lavaderos, etc. y MARPOL.

En lo correspondiente a basuras, según su Anexo V: Basuras sólidas comprendiendo los restos de víveres (excepto pescado fresco), residuos de faenas domésticas, plásticos, papel, trapos, y desechos relacionados con el cargamento, como restos de maderas de estiba y embalaje, cables de trincado, cuñas, flejes, cabos, etc.

Las rutas de navegación para las que está previsto el buque garantizan viajes cuya duración en promedio es inferior a 8 días. Atendiendo a este criterio se buscará un dimensionamiento cuyo empacho sea lo más ajustado posible a este criterio, evitando el dimensionamiento excesivo de las instalaciones sanitarias.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



#### 5.4.1.- Agua dulce potable.

El agua potable de suministrará en garrafas y botellas que se estibarán convenientemente en el pañol de gambuza. Se completa con el uso de la fuente fría de agua dulce.

El uso será a discreción de la tripulación.

#### 5.4.2.- Agua dulce sanitaria no potable.

Para el suministro de agua dulce no potable se ha previsto una instalación, la cual dispone de un tanque en popa y un conjunto de equipos específicos para este servicio.

La instalación se compone de los siguientes equipos:

- Tanque de agua dulce sanitaria
- Equipo evaporador para generación de agua dulce
- Equipo hidróforo
- Bombas de agua dulce sanitaria (Incluidas en el hidróforo)
- Termo para agua caliente
- Electrobomba para el suministro de agua dulce sanitaria caliente

##### 5.4.2.1.- Demanda de agua dulce sanitaria

La demanda de agua sanitaria del buque comprende el uso en lavabos, duchas, inodoros y piletas.

Aunque la demanda de agua destilada para los servicios del buque es muy reducida, se producirá agua destilada para cubrir las necesidades de agua sanitaria, incrementando esta producción en un 5% para cubrir las pequeñas necesidades de agua destilada de la instalación.

El consumo de agua sanitaria está definido por el número de tripulantes. Como se vio en el epígrafe 4.1.4 del Volumen 1 Parte 3 de este PFC,

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



correspondiente a la definición de la disposición general de la habilitación del “Buque Proyecto”, el número de tripulantes del buque es de 6.

Según los datos del año 2013 del instituto nacional de estadística, el consumo medio de agua por habitante y día es de 142 litros [4], considerándose aceptable 130 litros al día por persona. Se dimensionará el sistema de agua dulce para esta demanda.

Por tanto la instalación deberá dimensionarse para una producción de:

$$\begin{aligned}\dot{m}_{A/D} &= \dot{m}_{A/sanitaria} + \dot{m}_{A/destilada} = \\ &= 6 \text{ trip} \cdot 130 \text{ l/día} \cdot \text{trip} + 43,2 \text{ l/día}\end{aligned}$$

$$\dot{m}_{A/D} = 780 \text{ l/día} + 39 \text{ l/día} \approx 0,81 \text{ t/día}$$

Para una atención en horario diurno de la producción de agua se estimará una carga de trabajo diaria del evaporador de diez horas, lo que supone una producción horaria:

$$\dot{m}_{A/D \cdot h} = 33,75 \text{ kg/h} \approx 0,009 \text{ kg/s}$$

Se instalara un generador de agua dulce de las dimensiones adecuadas cuya fuente de calor será eléctrica.

#### 5.4.2.2.- Tanque almacén de agua dulce sanitaria

Se dispondrá un tanque a tal efecto, tal y como está reflejado en el plano de disposición general de tanques. El tanque de agua dulce deberá sobredimensionarse para garantizar una cantidad suficiente de agua a bordo en condiciones que no permitan producirla, como son las estancias en puerto.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



El volumen del tanque almacén de agua dulce tendrá una capacidad de 8 días de uso; teniendo en cuenta un coeficiente de llenado del 96%, resulta:

$$V_{TK-AD} = \frac{8 \text{ dias} \cdot 0,81 \text{ t/día}}{0,96} = 3,375 \text{ m}^3 \approx 6,75 \text{ m}^3$$

#### 5.4.2.3.- Generador de agua dulce

La fuente de calor tendrá que aportar energía para calentar el agua hasta la temperatura de evaporación y posteriormente vaporizarla.

$$Pot_{evaporador} = Q_{cal} + Q_{fase}$$

Para calentar:

$$Q_{cal} = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Se estima una temperatura del agua de mar a la entrada del evaporador de 20°C y una temperatura de evaporación en condiciones de vacío de 40°C.

A la temperatura de evaporación se tomará como valor del calor específico del agua a presión constante  $c_p = 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$

Por tanto:

$$Q_{cal} = 0,009 \text{ kg/s} \cdot 4,2 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 20\text{K} = 0,75 \text{ kW}$$

Para evaporar la masa de agua hay que aportar energía suficiente para garantizar el cambio de fase.

$$Q_{fase} = m \cdot L_V = 0,009 \text{ kg/s} \cdot 2.257 \text{ kJ/kg} = 20,31 \text{ kW}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Por tanto:

$$Pot_{evaporador} = Q_{cal} + Q_{fase} = 0,75 \text{ kW} + 20,31 \text{ kW} = 21,063 \text{ kW}$$

Redondeando al alza resulta:

$$Pot_{evaporador} \approx 21 \text{ kW}$$

#### 5.4.2.4.—Hidróforo y sistema de bombeo

El equipo hidróforo es un equipo de presión diseñado para mantener presurizada la línea de agua sanitaria, garantizando el flujo de agua en los grifos.

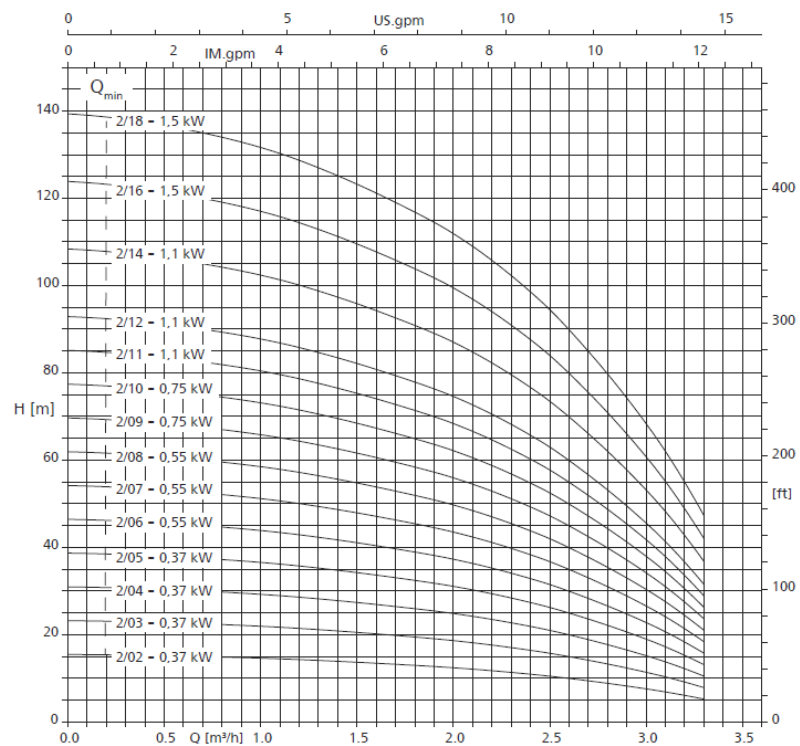


Figura V2/C3-F9: Curvas del grupo de presión para agua sanitaria

Fuente: KSB - ITUR

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Según se ha visto en el epígrafe 5.4.2.1. la demanda promedio de agua sanitaria a bordo es de 0,81 t/día. Puesto que el consumo no es constante se hará una previsión conservadora, estimando el 90% del consumo en el inicio del día, por lo que al comienzo del turno de día el consumo podrá llegar a 0,72 t/h aproximadamente. Este consumo resulta pequeño, ya que el número de tripulantes es pequeño.

De acuerdo con la tabla de selección de grupos del fabricante se seleccionará un grupo de presión capaz de proporcionar 1 m<sup>3</sup>/h de caudal a una altura manométrica de 40 m.

Characteristic		Value
Flow rate	Q	Up to 110 m <sup>3</sup> /h (30.6 l/s)
Head	H	Up to 160 m
Fluid temperature	t	70 °C
Operating pressure	p	16 bar

Tabla V2/C3-T4: Características del equipo hidróforo  
Fuente: KBR - Itur

## 6.- SERVICIOS ECOLOGICOS

Los servicios ecológicos de a bordo están constituidos por los sistemas que permiten la evacuación de los deshechos o efluentes del buque.

Todos ellos están contemplados por el convenio internacional MARPOL, por tanto el tratamiento de los residuos y los sistemas para tratarlos se diseñarán de acuerdo con las recomendaciones de MARPOL.

### 6.1.- MARPOL ANEXO 1: Aguas oleosas

La descarga de aguas oleosas proviene del achique de las sentinas de los espacios de máquinas, cuyo flujo al tener carácter oleoso se hará pasar por el separador de sentinas antes de ser descargada, según muestra la figura V2/C3-F11.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

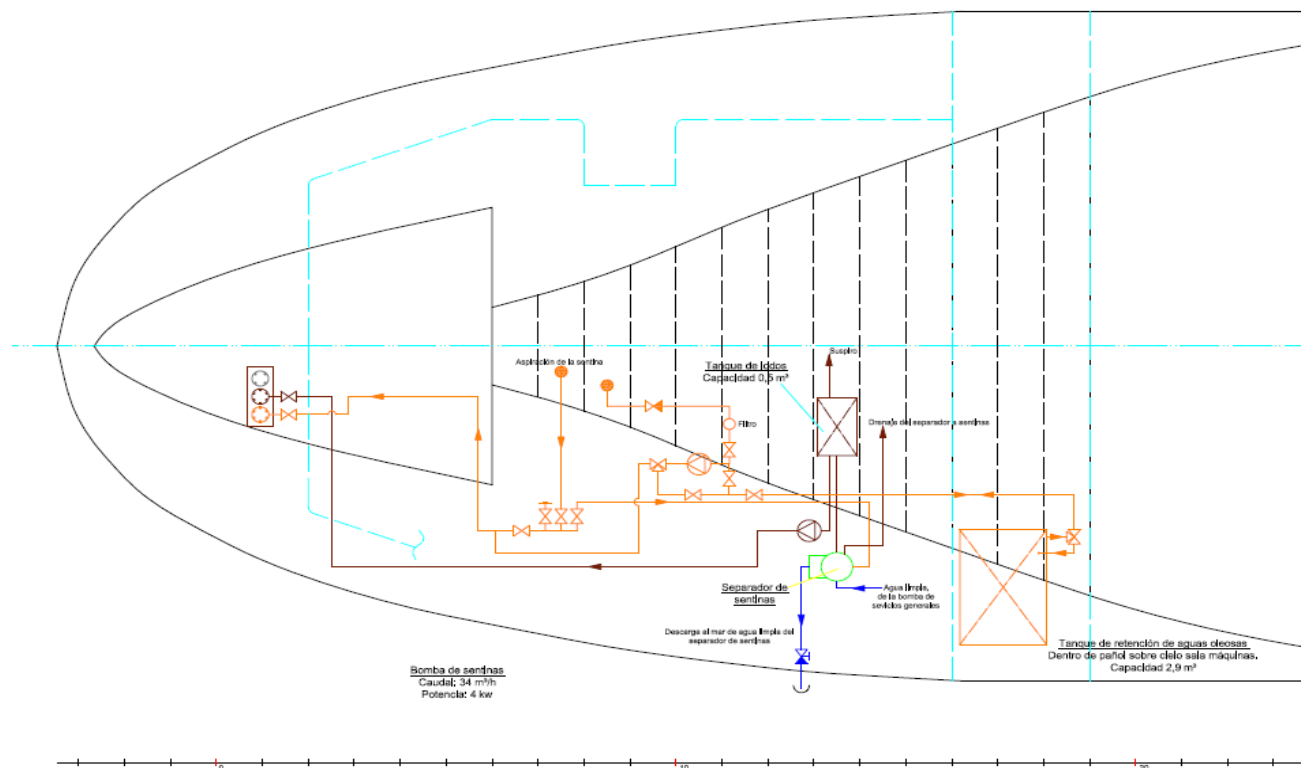


Figura V2/C3-F10: MARPOL Anexo I: tratamiento de aguas oleosas  
Fuente: Elaboración propia

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



Por este motivo, aunque el servicio de sentinas de Cámara de Máquinas puede formar parte del servicio de achique del buque, en el Buque Proyecto constituye un servicio separado del casco, tal y como se especificó en el capítulo 2.2 epígrafe 3.7.

La relación del sistema de achique de sentinas con el resto de circuitos de la Cámara de Máquinas como consecuencia de los requisitos de seguridad exigidos por SOLAS ante una eventual inundación ya han sido detallados en el epígrafe 3.7 del capítulo 2.2 en el que se analiza el sistema de achique en Cámara de Máquinas.

Por tanto, en este epígrafe se analizará el servicio de achique de sentinas de Cámara de Máquinas desde la perspectiva de la contaminación generada en el medio marino como consecuencia de una descarga al mar; no tomándose en consideración las condiciones de emergencia o inundación, ya vistas anteriormente.

La descarga de las sentinas de los espacios de máquinas, que tendrá carácter oleoso llevará a cabo siguiendo las recomendaciones de la IMO establecidas en el Convenio Internacional MARPOL en su anexo I, regla 13.

Los elementos que componen el sistema de descarga de aguas oleosas son:

- Bombas de achique de sentinas
- Sistema de tuberías
- Tanque de aguas oleosas
- Separador de sentinas
- Tanque de lodos
- Bomba de lodos
- Conexiones de descarga MARPOL

### **6.1.1.- Bomba de achique de sentinas**

Como se vio en el epígrafe 3.7.3. “Bombas principales de achique de sentinas” del capítulo 2.2, el cálculo para las condiciones de trabajo previstas para el Buque Proyecto proporciona las características de estas dos bombas, que son:

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





- Caudal  $28 \text{ m}^3/\text{h}$
- Potencia absorbida  $3,3 \text{ kW}$

### 6.1.2.- Sistema de tuberías

También definido en el epígrafe 3.7.3. del capítulo 2.2. Sus características son:

- Diámetro  $42,48 \text{ mm}$ . Se adopta un diámetro de  $1 \frac{3}{4}$  pulgadas
- El material será SJR 235
- La resistencia mecánica del tubo SCH 40

### 6.1.3.- Tanque de aguas oleosas

Debido a que el buque, aunque con capacidad oceánica, está diseñado para navegaciones costeras en el mediterráneo, es posible que en la mayoría de las navegaciones cortas no se separe más de 15 millas de la costa, por lo que no podrá verter ningún efluente.

Debido a esta particularidad, se define un sistema de achique de sentinas en el que las aguas oleosas que se extraen de los pocetes se tratan por dos vías diferentes dependiendo del tipo de navegación que el buque pueda realizar, cabotaje o larga distancia.

El caso de navegación de cabotaje, las aguas oleosas procedentes de la sentinas de Cámara de Máquinas se almacenarán a bordo en un tanque previsto a tal efecto para su posterior descarga en puerto. En navegación de larga distancia se utilizará el separador de sentinas, lo cual solo exige almacenar a bordo los lodos en un tanque de lodos, cuyo volumen se muy inferior al tanque de aguas oleosas.

En navegación de cabotaje, la mas frecuente, la utilización del tanque de aguas oleosas permite la navegación sin la necesidad de utilizar el separador de sentinas, lo cual supone un ahorro de energía eléctrica y por tanto de combustible.

Se ha estimado un vertido diario de aguas oleosas a la sentina de máquinas de  $0,5 \text{ m}^3$  diarios.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Por tanto, para el caso de viajes de cabotaje, los cuales se estima que no serán superiores a 6 días se ha dotado al buque de un tanque de retención de aguas oleosas de 3 m<sup>3</sup>. Finalizada la travesía estas aguas son descargadas a tierra a un servicio Marpol.

#### 6.1.4.- Separador de sentinas

En la segunda situación, la navegación oceánica se ha dotado al buque de un separador de sentinas.

Puesto que se ha estimado un vertido diario de aguas oleosas a la sentina de máquinas de 0,5 m<sup>3</sup>, se ha seleccionado un separador de sentinas con una capacidad de tratamiento de 0,5 m<sup>3</sup>/h, lo cual supera con creces las necesidades de aspiración de la sentina.

Este equipo, según los diagramas del fabricante absorbe una potencia en operación de 3kW; incluyendo la potencia de la bomba que se encuentra integrada en el equipo.

Este separador verterá a la mar las aguas oleosas ya tratadas con un contenido máximo de hidrocarburos de 15 ppm. El control del vertido se hace a través de un hidrocarbúrometro calibrado y homologado.

Los lodos resultantes de la separación se descargan al tanque de lodos del buque.

#### 6.1.5.- Tanque de lodos

Según el convenio MARPOL (revisión 1990), regla 12.1, para los buques que no lleven agua de Lastre en los tanques de combustible líquido, la capacidad mínima de los tanques de fangos (V1) será calculada conforme a la fórmula siguiente:

$$V1 = K1 \ C \ D \ m^3$$

Siguiendo la regla citada, K1, tomará el valor K1= 0,005 ya que se utiliza diesel oil sin necesidad de ser purificado; siendo C el consumo diario de fuel oil m<sup>3</sup> y D la duración máxima de viaje entre puertos en que se puedan descargar los fangos a tierra en días.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Siguiendo las condiciones exigidas por el armador en la definición de la misión del buque se considera esta duración igual a 25 días.

Por tanto el volumen del tanque de lodos será:

$$V_1 = 0,005 \cdot 4m^3 \cdot 25 = 0,5 m^3$$

Para un máximo aprovechamiento del espacio se instalará en el doble fondo de la cámara de máquinas entre las cuadernas que lo forman, las cuales están separadas entre sí 600 mm, un tanque de 0,5 m<sup>3</sup> de volumen,

Este tanque será capaz de absorber los lodos producidos por la operación de la depuradora en un viaje.

### 6.1.6.- Bomba de lodos

Aplicando el sistema de cálculo habitual:

$$Pot_{BBLodos} = \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{m}_{bba\ lodos}$$

Esta bomba, que será de desplazamiento positivo, se dimensiona de modo que sea capaz de vaciar el tanque de lodos en un tiempo aproximado de dos horas. Por lo tanto el caudal será:

$$\dot{m}_{bba\ lodos} = \frac{V_{TKLodos}}{t_{vaciado}} = \frac{0,5m^3}{2h} = 0,25 \ m^3/h$$

Por tanto:

$$Pot_{BBLodos} = \vartheta \cdot \Delta P \cdot \dot{m}_{bba\ lodos}$$

Se estima una presión de descarga de la bomba de lodos de 2 bar y un rendimiento total de la misma del 45%

$$Pot_{BBA\ Lodos} = \frac{1}{890 \ kg/m^3} \cdot 2 \ bar \cdot 10^5 \frac{N}{m^2} \cdot \left( \frac{0,25}{3.600} \cdot 890 \right) \frac{kg}{s} \cdot \frac{1}{0,45} = 30 \ W$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



La potencia de la bomba es muy pequeña. Se considerará una bomba de 1 kW a efectos del posterior balance eléctrico, resultando:

$$Pot_{BBALodos} = 1 \text{ kW}$$

### 6.1.7. Brida MARPOL

Según las recomendaciones de SOLAS y MARPOL Anexo I todos los buques de arqueo bruto igual o superior a 500 toneladas deben estar provistos al menos de una conexión MARPOL estándar para la descarga de aguas oleosas a tierra.

Su misión es permitir la descarga de los lodos y efluentes residuales en cualquier puerto. Estas descargas se anotarán en el Cuaderno de Hidrocarburos de a bordo.

Las dimensiones de la brida MARPOL vienen fijadas en MARPOL Anexo I y se corresponden con la figura V2/C2-F5

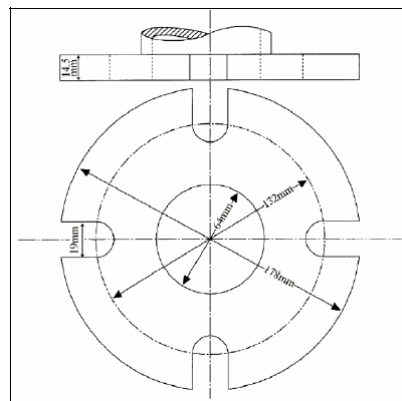


Figura V2/C2-F11: Brida MARPOL para aguas oleosas  
Fuente: MARPOL

## **6.2.- MARPOL ANEXO IV: Aguas grises y negras**

Las aguas grises y negras, se ajustarán a los criterios de MARPOL Anexo IV.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

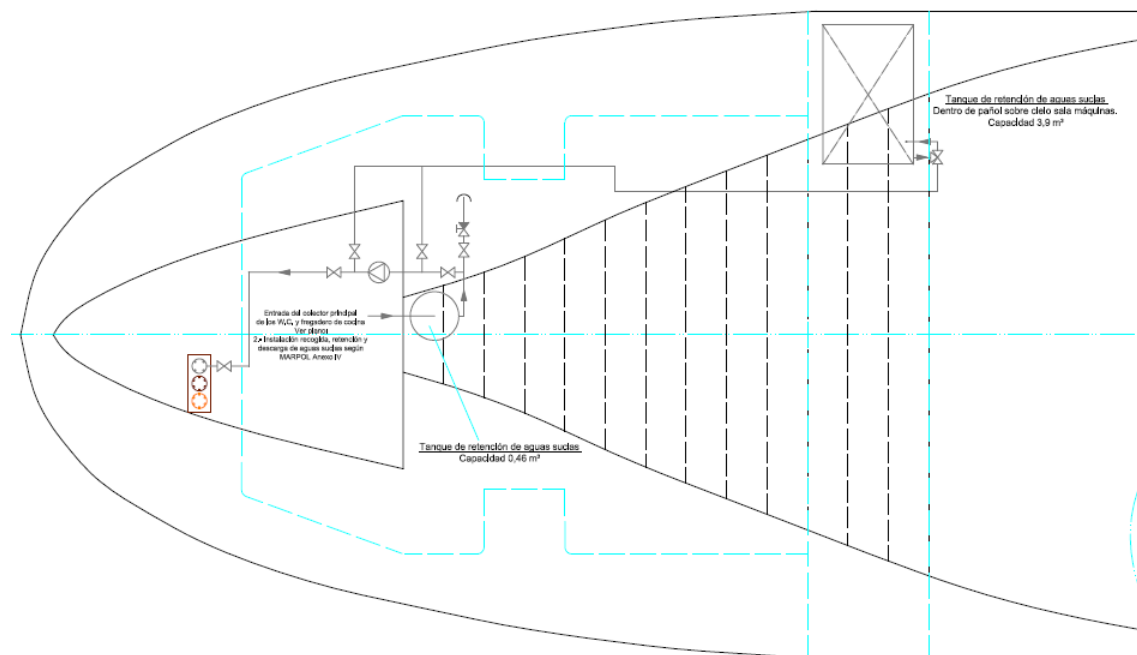


Figura V2/C2-F12: MARPOL Anexo IV: tratamiento de aguas oleosas  
Fuente: Elaboración propia

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La particularidad de la navegación del “Buque Proyecto”, que lo encuadra mas en cabotaje que en navegación oceánica, sugiere la instalación de un tanque para la recogida de aguas negras y grises de capacidad suficiente.

Este tanque se podrá descargar a tierra por su correspondiente línea de descarga MARPOL, como se muestra en la Figura V2/C2-F12.

Para el vaciado de este tanque se dotará a la instalación de un sistema de tubería de un diámetro, coordinado con la brida MARPOL, de 2”; en acero sin costura S235JR con una bomba de sólidos de 1 m<sup>3</sup> /h de capacidad y de 25 metros de altura manométrica, lo que supone una potencia instalada de 1 kW.

### 6.3- MARPOL ANEXO V: Basuras

Las basuras se almacenarán a bordo en contenedores apropiados de acuerdo con el MARPOL Anexo V. Todas las basuras se segregarán según la tipología definida en el propio convenio MARPOL en el Anexo V

## 7.- SERVICIOS DE ACCESO Y ELEVACIÓN

Los servicios de acceso y elevación se componen de las grúas para acopiar o descargar elementos y respetos del buque, las escalas de práctico y real y los ascensores de a bordo.

### 7.1.- Grúas

Se instalará una grúa giratoria a cada banda en la cubierta de botes para manejar cargas de toda índole. El movimiento de giro será manual.

Cada grúa sobresaldrá 2,5m por el costado del buque y tendrá una capacidad de elevación de 1,5 t, desplazando la carga a una velocidad de 5 m/min; con un rendimiento mecánico del 0,95 y un rendimiento eléctrico del 0,85.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



En estas condiciones la potencia unitaria de cada grúa es de:

$$Pot_{grúa} = \frac{M \cdot v}{\mu_{el} \cdot m} = \frac{1.500 \cdot 9,8 \cdot 0,083}{0,95 \cdot 0,85} = 1,510 \text{ kW}$$

## 7.2.- Escala real

Se instalarán dos escalas reales, una a cada banda. Tendrán una longitud de 7,5 m y su accionamiento será mediante pescante dotado de chigre manual con manivela. Se estibarán en un alojamiento diseñado a tal efecto en cada banda del buque.

Montarán peldaños antideslizantes y basculantes que permitan la operación de la escala en un rango de inclinación con la horizontal comprendido entre 30° y 60°.

## 7.3.- Escala de práctico

- Se dispondrán dos escalas de práctico normalizadas de 7 m de longitud

## 7.4.- Ascensores y elevadores

El reducido tamaño del buque y su disposición general hacen innecesario el uso de este tipo de equipos, por lo que no se dispondrá de ninguno de ellos a bordo.

## 8. SERVICIOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES

Se dotará al Buque Proyecto “de los equipos de ayuda a la navegación y de comunicaciones de acuerdo con su categoría de radio, “A1” función de su zona de navegación internacional y del capítulo V del SOLAS.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## 8.1. Equipo de ayuda a la navegación

No se considera el equipamiento portátil como reglas o compases de navegación

El equipo de ayuda a la navegación es el standard recomendado por SOLAS; el cual, particularizado para el Buque Proyecto se especifica en la continuación :

- Un compás magistral magnético debidamente compensado
- Dos girocompases no magnéticos
- Un repetidor del rumbo indicado por el girocompás
- Un taxímetro para leer demoras en un arco del horizonte de 360 °.
- Un repetidor de las demoras indicadas por el girocompás
- Un medio para corregir y obtener el rumbo y la demora verdaderos.
- Un sistema de autopiloto para control del rumbo
- Una corredera
- Un sistema de información y visualización de cartas electrónicas (SIVCE)
- Un receptor para el sistema mundial de navegación por satélite y un sistema de radionavegación terrenal
- Dos radares tipo ARPA
- Una ecosonda
- Un indicadores de ángulo del timón,
- Un autopiloto
- Un teléfono para comunicar con el puesto de gobierno
- Una lámpara de señales diurnas que utilice una fuente de energía eléctrica que no dependa únicamente del suministro eléctrico del buque.
- Un sistema de transmisión automática de datos LRIT
- Un registrador de datos de la travesía (RDT)

## 8.2. Comunicaciones interiores

El equipo de comunicaciones interiores está enfocado a proveer de medios de comunicación y de transmisión de órdenes al buque.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





Estará formado por las siguientes unidades:

- Un telégrafo de órdenes en puente y cámara de máquinas
- Un sistema de interfonos de cubierta con unidades en el puente y las zonas de fondeo y amarre de proa y de popa.
- Un sistema de órdenes y avisos generales con altavoces en las zonas de paso, habitación, cubierta y cámara de máquinas.
- Teléfonos auto excitados para comunicaciones entre puente de gobierno, cámara de máquinas, despacho del capitán, local del servo, central eléctrica de socorro y camarote del jefe de máquinas.

### **8.3. Comunicaciones exteriores**

Las radiocomunicaciones de un buque se ajustarán a las recomendaciones del capítulo IV del SOLAS.

El equipo de comunicaciones exteriores estará constituido por:

- Una instalación radioeléctrica de ondas métricas capaz de transmitir y recibir mediante LSD (frecuencia 156,525 MHz. – canal 70) y mediante radiotelefonía (156,3 MHz, 156,65 MHz y 156,8 MHz – canales 6, 13 y 16 respectivamente).
- Se instalará Una instalación radioeléctrica para escucha continua de LSD en el canal 70.
- Un respondedor de radar que funcione en la banda de 9 GHz
- Un receptor para las transmisiones del servicio NAVTEX internacional
- Una radiobaliza (de localización de siniestros por satélite) EPIRB de 406 MHz
- Un equipo que permita mantener un servicio de escucha de LSD (llamada selectiva digital) en las frecuencias de 2187,5 KHz, 8414,5 KHz y al menos en una de las frecuencias de socorro y seguridad de LSD de 4207,5 KHz, 6312 KHz, 12577 KHz ó 16804,5 KHz; seleccionables manualmente.
- Medios para iniciar la transmisión de alertas de socorro buques costera mediante
- Un servicio de radiocomunicaciones que no sea el de ondas decamétricas y que trabaje a través del sistema de satélites de órbita polar de 406 MHz. y de Inmarsat.
- Un receptor Inmarsat con EGC (llamada de grupo mejorada), con la posibilidad de recibir mensajes de seguridad marítima en las zonas sin cobertura Navtex,

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Los Radioteléfonos para embarcaciones de supervivencia y las Estaciones de radio para el bote salvavidas se consideran equipamiento de seguridad. Puesto que no son dotación del buque y si de las embarcaciones de supervivencia se consideran incluidas en el paquete de seguridad de las mismas

## **9.-ALUMBRADO E ILUMINACIÓN**

Se incluye dentro de los servicios del buque la instalación de alumbrado, ya que tanto la instalación exterior como la interior se evalúan como instalaciones del buque de forma global, puesto que afectan a la totalidad del buque.

La instalación exterior cumplirá con los requisitos del Convenio Internacional COLREG 72 para la prevención de abordajes.

### **9.1. Luces de navegación**

Las luces de navegación y las luces de posición serán de acuerdo con las prescripciones de COLREG 72 parte C.

TIPO DE LUZ	COLOR	ÁREA A CUBRIR	ALCANCE EN MILLAS	INTENSIDAD EN CANDELAS
Luz de tope	Blanca	225°	6	94
Luz de costado Br	Roja	112,5°	3	12
Luz de alcance	Blanca	135°	3	12
Luz de costado Er	Verde	112,5°	3	12
Luz de remolque	Amarilla	135°	3	12
Luz todo horizonte	Roja	360°	3	12
Luz centelleante	Roja	360°	3	12

Tabla V2/C3-T5: Luces de navegación  
Fuente: Elaboración propia

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## 9.2. Alumbrado exterior

Para mantener un nivel de intensidad de alumbrado que garantice la seguridad de la tripulación durante las operaciones de cubierta en las horas no diurnas se instalarán focos de sodio de alta presión o alumbrado de bajo consumo adaptado a intemperie, con los correspondientes equipos estancos, según el espacio a iluminar

### 9.2.1. Exterior de la zona de habilitación

Los pasillos exteriores se iluminarán con luces de 60 W. Se instalarán 8 luces en la cubierta principal, 4 a cada banda. En la cubierta de puente quedará cubierta se instalarán dos a cada banda

### 9.2.2. Zonas de salvamento

Las zonas de salvamento se sitúan en la popa de la cubierta del puente, en esta zona se instalará un foco en cada estación de balsas de 300 W y de 400W en la estación del bote de rescate.

### 9.2.3. Cubierta principal

Se establecen 4 zonas diferenciadas en la cubierta principal, la zona de acceso por la escala real, la zona de maniobra de carga y descarga y la zona de amarre y fondeo a proa y popa.

- Zona de acceso.  
Se instalará un foco de 300 W en el portalón del buque
- Zona de carga  
Se instalarán 5 focos a cada banda de 400 W cada uno
- Zona de amarre y fondeo.  
En la cubierta de proa se instalarán dos focos de 400 W cada uno  
A popa se instalará un solo foco de 400 W

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



La zona de maniobra de grúas queda iluminada por la instalación de las estaciones de abandono.

A proa de la superestructura se instalarán a cada banda, iluminando la cubierta, dos focos de 700 W cada uno para iluminación de vigilancia y seguridad en atraque y fondeo.

### 9.3. Alumbrado interior

El alumbrado interior comprende los equipos de iluminación correspondientes a todos los espacios interiores del buque, ya sean de habitación, puente, cámara de máquinas o espacios de máquinas.

El alumbrado se efectuará con lámparas fluorescentes de encendido rápido de 40 W. En caso de que con una lámpara no sea suficiente se añadirán tantas como sean necesarias para obtener el nivel de iluminación adecuado para el espacio en cuestión.

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

En el primer caso, requerimientos luminosos mínimos, estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lx.

En el segundo, requerimientos luminosos normales, están las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1.000 lx.

Por último están los lugares con requerimientos luminosos exigentes, donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

Según estas las recomendaciones generales se ha construido la tabla V2/C3-T4 que se presenta seguidamente, la cual ofrece los valores de los niveles de la iluminancia de referencia “E<sub>ref</sub>” que se utilizarán para el cálculo.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Tabla V2/C3-T6: Iluminancia de referencia "Eref"  
Fuente: Citea UPC

Puesto que el nivel de precisión en el cálculo del alumbrando no es elevado, ya que se trata de alumbrado general, para el cálculo del alumbrado necesaria de cada uno de los locales se aplicará el método de los lúmenes. [5]

El nivel de la iluminancia media de cada uno de los espacios, una vez definida su iluminación, no deberá ser inferior a los niveles preestablecidos en la tabla Tabla V2/C3-T4.

El nivel de iluminancia aceptable en un espacio "i" viene definido por la expresión:

$$E_i = \frac{n \cdot \phi_L \cdot \mu \cdot f_m}{S} \geq E_{\text{mínimo}}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Siendo :

Ei: Luminancia del espacio “i”

$\phi_L$  Flujo luminoso

n: Número de luminarias

$\mu$ : Factor de utilización

$f_m$ : Factor de mantenimiento

S: Superficie de trabajo

El factor de mantenimiento ( $f_m$ ) o de conservación de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento ( $f_m$ )
Limpio	0.8

Tabla V2/C3-T7: Factor de mantenimiento  
Fuente: Citea UPC

el factor de utilización ( $\mu$ ) se obtiene a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes.

El índice del local ( $k$ ) se calcula a partir de la geometría de este. En el caso del método europeo se calcula con las ecuaciones que se presentan en la tabla V2/C3-T6

“ $k$ ” es un número comprendido entre 1 y 10.

Los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo se pueden tomar por 0,5 para el techo, 0,3 para las paredes y 0,1 para el suelo.

Una media considerando cuatro tabiques un suelo y un techo es de toma un valor de  $k = 0,3$

Se tomará el valor más desfavorable que es 0,1 como promedio para el cálculo.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



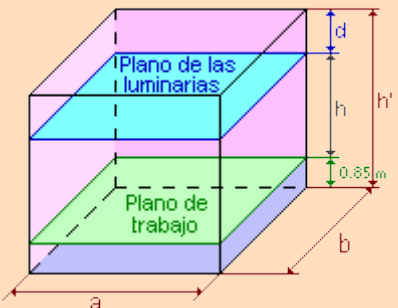
	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Tabla V2/C3-T8: Índice de local "k"  
Fuente: Citea UPC

Por tanto el valor del Factor de utilización  $\mu$  en función del índice del local  $K=0,1$  y del factor de reflexión  $FR = 0,1$  es:  $\mu = 52$  según se ve en la tabla V2/C3-T7

Considerando una luminaria,  $n = 1$  con un factor de utilización :  $\mu = 0,52$  y un factor de mantenimiento que se corresponda con ambiente sucio,  $f_m = 0,6$ ; resulta:

$$E_i = \frac{n \cdot \phi_L \cdot \mu \cdot f_m}{S} = \frac{1 \cdot \phi_L \cdot 0,52 \cdot 0,6}{S} = 0,312 \cdot \frac{\phi_L}{S} \geq E_{\text{mínimo}}$$



Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\gamma$ )								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
 	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.56	.56	.52	.59	.56	.52	.59	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67	

Tabla V2/C3-T9: Tabla del factor de utilización"  
Fuente: Citea UPC

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



El valor del flujo luminoso total aportado por un elemento de iluminación es función del tipo de fuente y su potencia. La tabla V2/C3-T8 proporciona los valores del flujo luminoso para las lámparas fluorescentes tubulares de 40 W, que son las fuentes de iluminación escogidas.

Tipo de fuente	Potencia W	Flujo Luminoso lm	Eficacia luminosa lm/W
Vela de cera		10	
Lámpara incandescente	40	430	10,75
	100	1.300	13,80
	300	5.000	16,67
Lámpara Fluorecente compacta	7	400	57,10
	9	600	66,70
Lámpara Fluorecente tubular	20	1.030	51,50
	40	2.600	65,00
	65	4.100	63,00
Lámpara vapor de Mercurio	250	13.500	54,00
	400	23.000	57,50
	700	42.000	60,00
Lámpara Mercurio Halogenado	250	18.000	72,00
	400	24.000	67,00
	100	80.000	80,00
Lámpara vapor de Sodio alta presión	250	25.000	100,00
	400	47.000	118,00
	1.000	120.000	120,00
Lámpara vapor de Sodio baja presión	55	8.000	145,00
	135	22.500	167,00
	180	33.000	180,00

Tabla V2/C3-T10: Valores del flujo luminoso  
Fuente: Citea UPC

Por tanto:

$$E_i = 0,312 \cdot \frac{\phi_L}{S} = \frac{0,312 \cdot 2.600}{S} = \frac{25.309}{S} \geq E_{\text{mínimo}}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





Con una tabla Excel quedará resuelta la selección de la iluminación interior. En aquellos casos en los que la iluminancia esperada quede por debajo de la iluminancia de referencia el problema se resolverá simplemente añadiendo lámparas fluorescentes de 40 W en cantidad suficiente para garantizar el alumbrado del local en cuestión.

Espacio	Potencia unitaria W	Unidades en cada espacio	Espacios	Potencia Total por tipo de espacio W
Puente	40	1	1	40
Camarotes	40	1	6	240
Aseos	20	1	6	120
Sala oficiales	40	1	1	40
Sala tripulación	40	1	1	40
Cocina	40	1	1	40
Sala de máquinas	40	3	1	120
Pañol del servo	20	1	1	20
Otros pañoles	20	1	2	40

Tabla V2/C3-T11: Potencia del alumbrado interior  
Fuente: Elaboración propia

Se instalarán puntos de alumbrado cuya potencia total instalada será de 700 W.

## 9.4. Alumbrado de emergencia

Según las recomendaciones SOLAS Capítulo II-1 Parte D, Regla 43.2.2 se dispondrá alumbrado de emergencia durante 18 h en los siguientes espacios:

- Sala Máquinas
- Accesos a la Cámara de Máquinas
- Pasillos y escaleras de la cámara de máquinas
- Local del servo
- Local del generador de emergencia
- Habitación
- Pasillos, escaleras e indicaciones de las salidas de los espacios de acomodación
- Puente de navegación

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Equipo y Servicios del Buque***



- Luz para el compás magnético
- Derrota
- Oficinas
- Cuarto de estar del Capitán y el Jefe de Máquinas
- Espacios de uso público
- Cocina y oficio
- Zonas de salvamento
- Luces de navegación

Se utilizará Led como fuente luminosa. 70-350 lúmenes, Fabricadas según normas de obligado cumplimiento UNE-EN 60598-2-22, UNE-EN 50172 con una potencia unitaria de 60 W.

Se instalarán un total de 16 unidades de alumbrado de emergencia con una potencia total instalada de 640 W

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



## NOTAS DEL TEXTO

- [1] *"Weight for stud link anchor chain table"*, Sotra Marine Chains
- [2] Autoridad portuaria de Tarragona. Informe anual 2009
- [3] La unidad frigoría/hora sirve para expresar la potencia de un sistema de refrigeración, aunque también suele ocuparse el KW a fin de expresar potencias nominales en cálculos de ingeniería. Una frigoría/hora es equivalente a 1,157 vatios (W), por lo tanto un vatio es equivalente aproximadamente a 0,864 frigorías/hora.
- [4] *"Encuesta sobre el Suministro y Saneamiento del Agua"*. Instituto Nacional de Estadística. Madrid 2012
- [5] Recursos citea UPC <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html#mlum>

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## BIBLIOGRAFÍA

“Rules for Classification of ships”, Part 4, MAIN CLASS, Det Norske Veritas. Oslo 2011

“Rules for Classification of ships, Chapter 14 Part 4, MACHINERY AND SYSTEMS - MAIN CLASS, Steering Gear”. Det Norske Veritas. Oslo 2011

“SOLAS Edición refundida del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar”, 1974, y su Protocolo de 1988: artículos, anexos y certificados. IMO. London 2002

“International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)” Adoption: 1973 (Convention) LONDON 1983

“El proyecto básico del buque mercante”. R. Alvariño Castro, J.A. Azpíroz Azpíroz, M. Meizoso Fernández. Fondo Editorial de Ingeniería Naval. Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Madrid 1997.

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Cadenas Vicnay

<http://www.vicinaycadenas.net/mooring-chain/marine-chains.asp> 16 septiembre 2014

Peso por metro de la cadena de fondeo

<http://www.sotra.net/products/tables/weight-for-studlink-anchor-chain> 16 septiembre 2014

Conversión de diámetros tubos

<http://www.metric-conversions.org/es/longitud/tabla-de-conversion-de-pulgadas-a-milimetros.htm> 22 septiembre 2014

Datos de iluminación

<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html#mlum> 25 septiembre 2014

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## **ANEXO I**

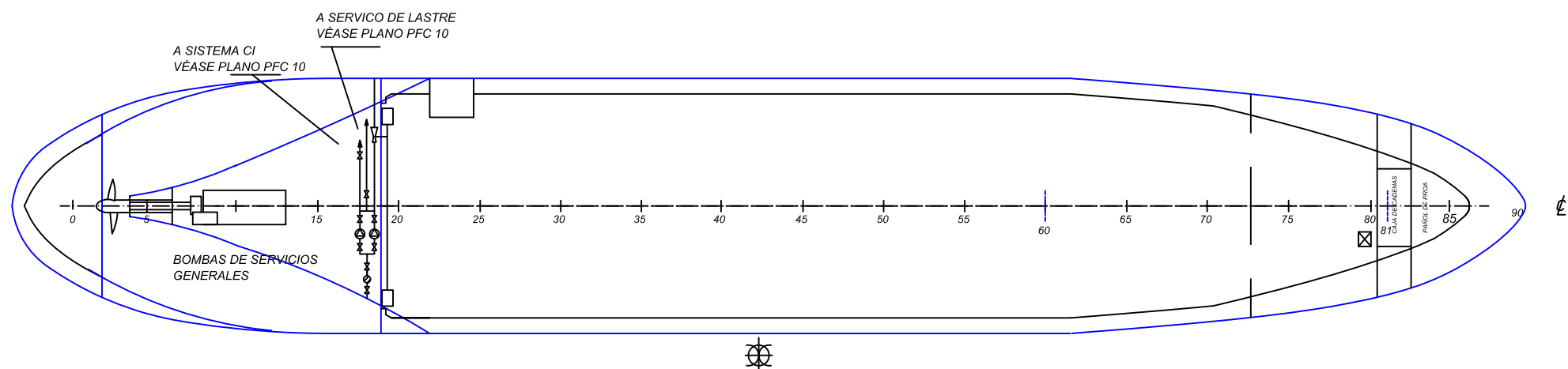
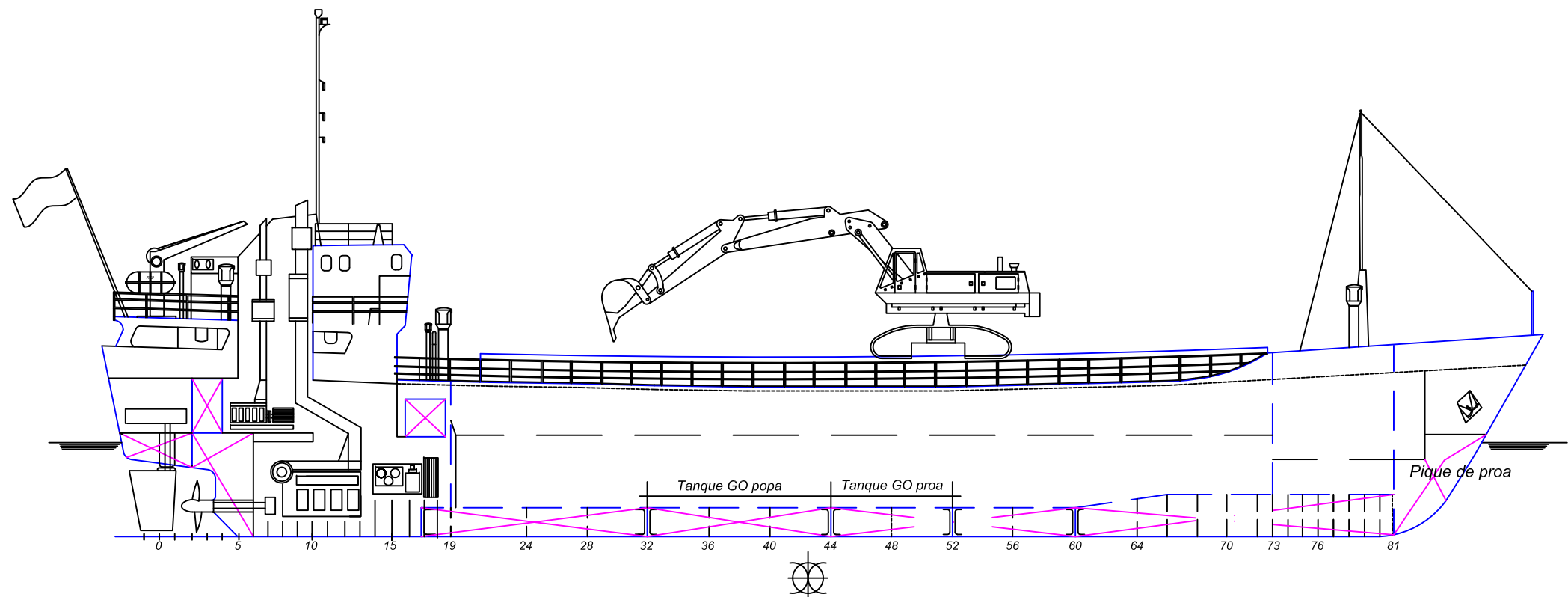
### **PLANOS DE LOS SISTEMAS**

**Se incluyen aquí los planos correspondientes a los servicios de Cámara de Máquinas con las especificaciones del servicio, equipo y materiales.**

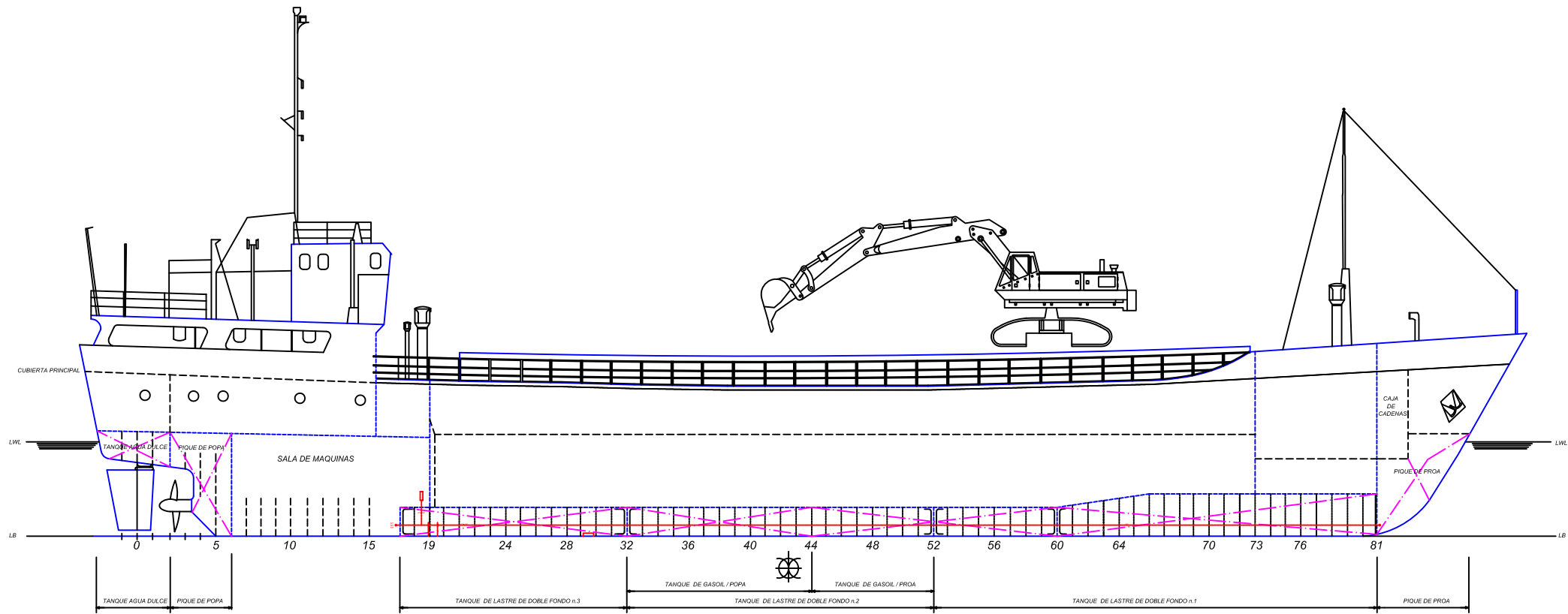
Material:	S235JR Sch 40
Bombas o equipos:	Las características de las unidades representadas en los planos se corresponden con las especificadas en su epígrafe correspondiente.
1. Plano PFC 11:	Sistema de achique en bodega
2. Plano PFC 12:	Sistema de lastre
3. Plano PFC 13:	Sistema de baldeo y CI

TUTOR:  
ALUMNO:

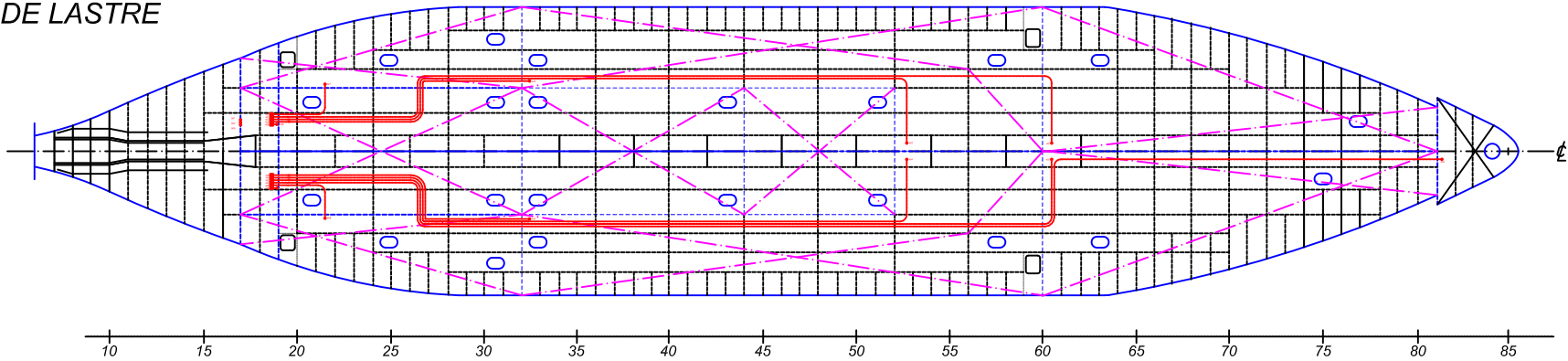
D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



		PROYECTO FIN DE CARRERA			
		BUQUE DE CARGA GENERAL			
DIBUJADO POR:	FECHA	TÍTULO DEL PLANO			
F.Arrazola	03/09/2014	SISTEMA DE ACHIQUE EN BODEGA			
COMPROBADO POR:	FECHA	SIZE	Nº DE PLANO	REV	
F.Arrazola	03/09/2014	A3	PFC 11	1	
DISEÑADO POR:	FECHA	ESCALA	PESO (kg)	HOJA	1/1
F.Arrazola	03/09/2014				

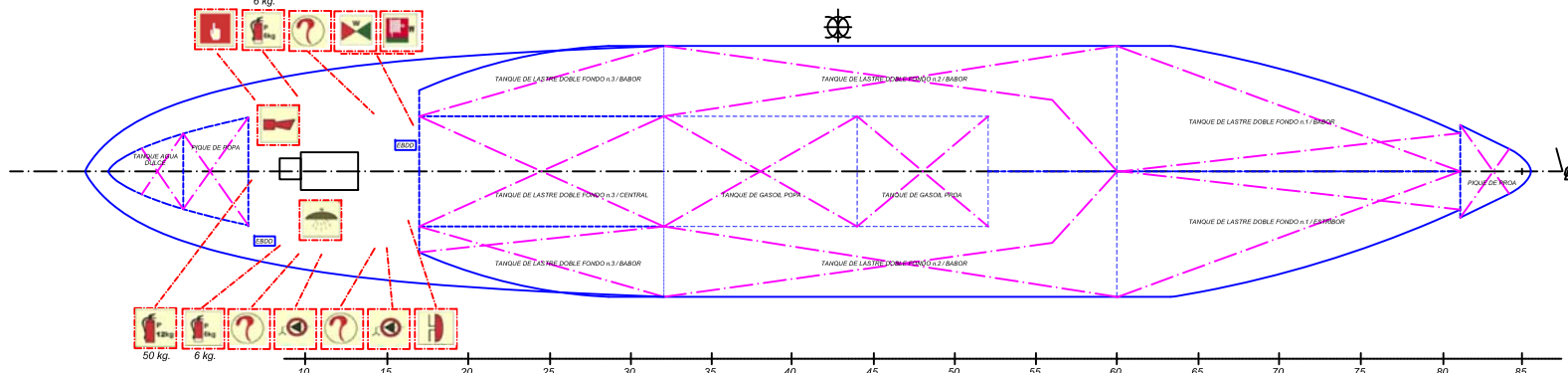
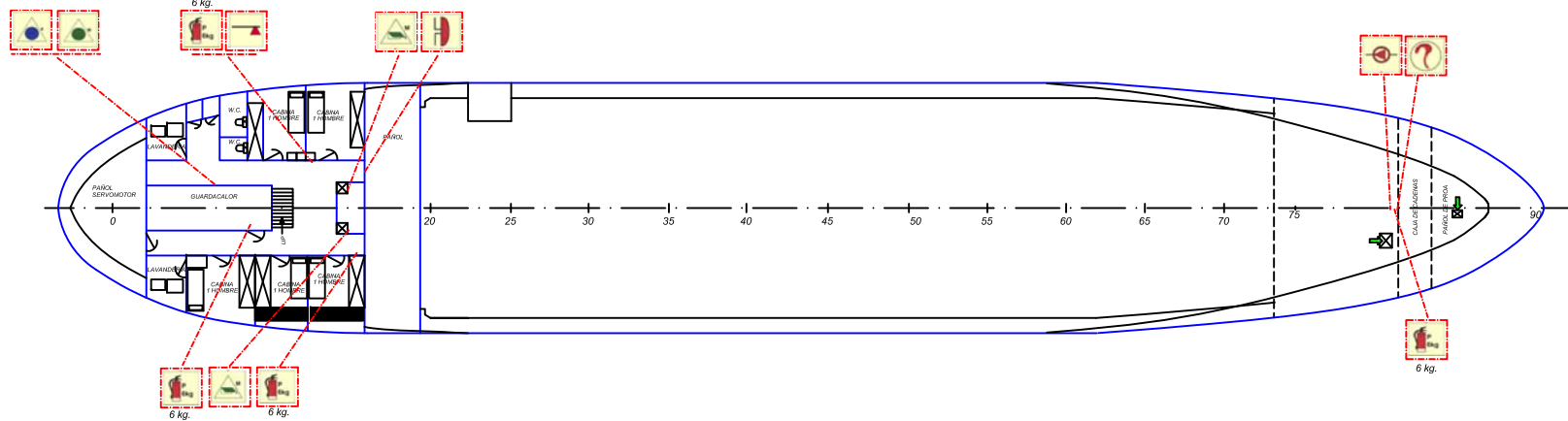
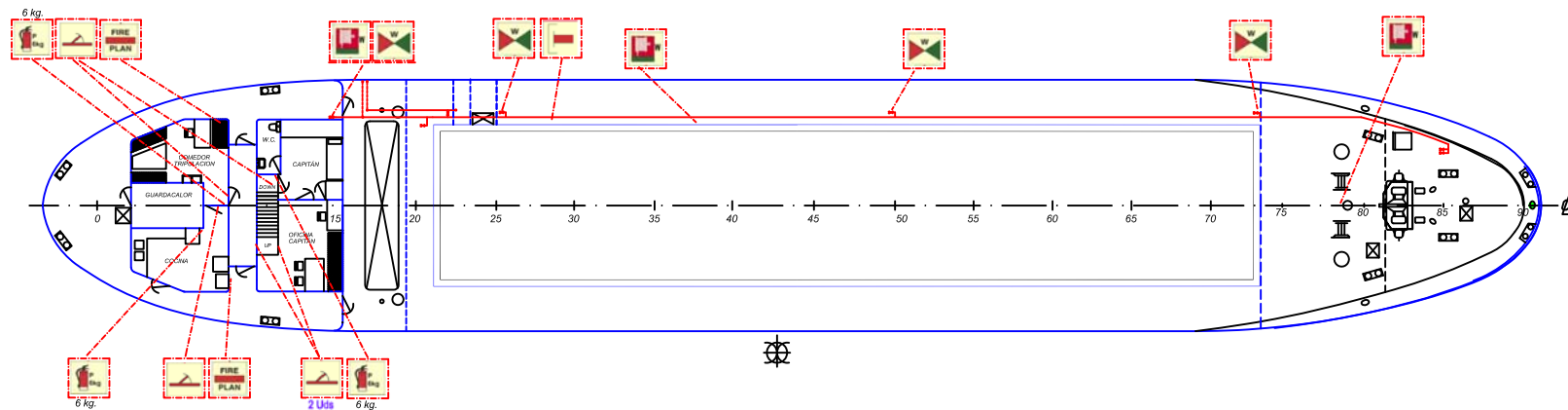
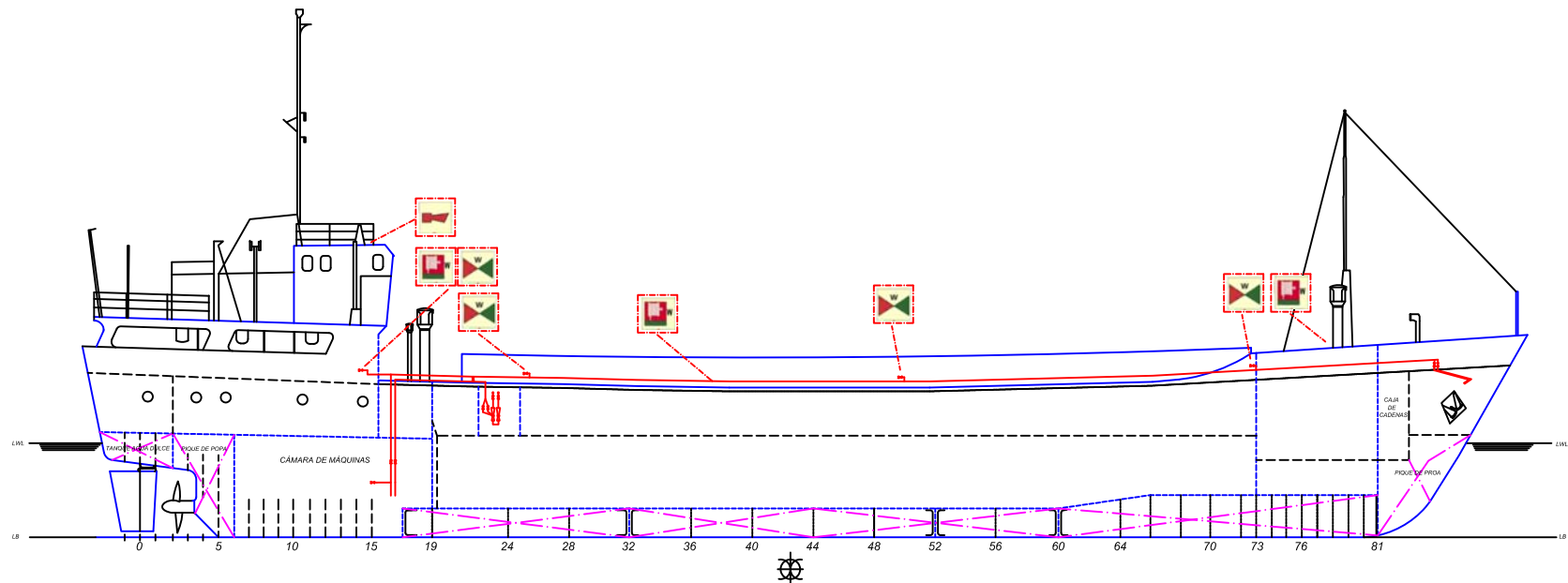


PLANO LÍNEAS DE LASTRE

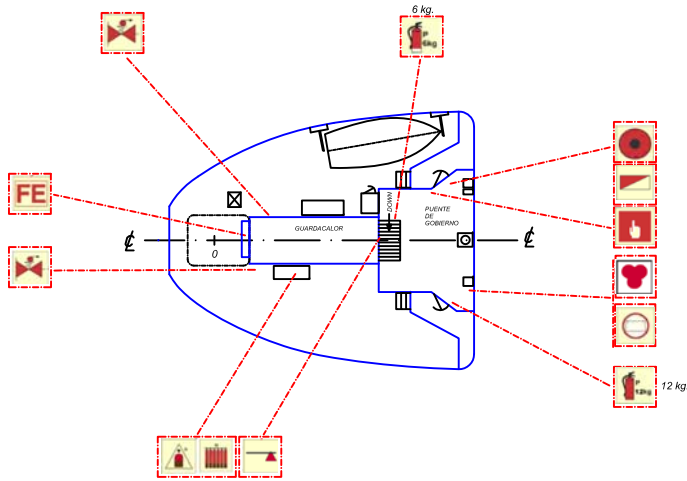


PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE DE CARGA GENERAL

DIBUJADO POR:	FECHA	TÍTULO DEL PLANO		
F. Arrazola	08/06/2014	PLANO LÍNEAS DE LASTRE		
COMPROBADO POR:	FECHA	SIZE	Nº DE PLANO	REV
F. Arrazola	18/06/2014	A3	PFC - 12	1
DISEÑADO POR:	FECHA	ESCALA 1:100	PESO(kg)	HOJA 1/1
F. Arrazola	01/06/2014			



SIMB	NUM	DESCRIPCION	
		DIVISION CLASE A	
	6	ZONA CONTROLADA CON DETEC. DE HUMO	
	1	FUENTE ENERGETICA DE EMERGENCIA	
	1	PLAN DE EXTINCION	
	6	PUERTA CONTRAINCENDIOS CLASE A	
	1	PANEL DE CONTROL PARA DETECCION DE FUEGO Y SISTEMA DE ALARMA	
	3	PUNTO ACCIONAMIENTO MANUAL	
	3	ALARMA DE INCENDIOS	
	1	CONTROL A DISTANCIA DE LA VENTILACION O DESCONEXION DE LA ACOMODACION Y SERVIDIOS	
	1	CONTROL A DISTANCIA DE LA VENTILACION O DESCONEXION DE LA SALA DE MAQUINAS	
	1	DESCONEXION REMOTA DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE	
	2	SISTEMA DE CIERRE DE LA VENTILACION EN ESPACIO DE SALA DE MAQUINAS	
	2	VALVULAS CIERRE DE COMBUSTIBLE	
	1	BATERIA FIJA DE EXTINTORES DE INERGEN	
	1	ESTACION REMOTA DE DISPARO DEL INERGEN	CABLE DE DISPARO
	1	ESPACIO PROTEGIDO POR EXTINCION MEDIANTE INERGEN	
	1	BOMBA CONTRAINCENDIOS DE EMERGENCIA	CAPACIDAD 28 m3h / 4 bar
	1	BOMBA CONTRAINCENDIOS / ACHOQUE	CAPACIDAD 35 m3h / 4 bar
	1	BOMBA CONTRAINCENDIOS / ACHOQUE	CAPACIDAD 35 m3h / 4 bar
	2	ALARMA DE FUEGO EN SALA DE MAQUINAS	
	1	INTERRUPTOR GENERAL DE ALARMA	
	3	ACHA CONTRAINCENDIOS	
	1	RECARGA EQUIPO CONTRAINCENDIOS	
	1	EXTINTOR POLVO 8kg	
	5	EXTINTOR POLVO 12kg	
	1	CONEXION INTERNACIONAL	
	5	LANZA Y MANGUERA CONTRAINCENDIOS	
	5	VAVULA PRINCIPAL CIRCUITO CONTRAINCENDIOS	
	3	ZONA CONTROLADA DETECTORES DE TEMPERATURA	
	3	EXTINTOR DE AGUA	



# PROYECTO FIN DE CARRERA BUQUE DE CARGA GENERAL

DIBUJADO POR: F. Arrazola	FECHA 08/06/2014	TÍTULO DEL PLANO PLANO SISTEMA CONTRA INCENDIOS	REV 1
COMPROBADO POR: F. Arrazola	FECHA 18/06/2014	SIZE A1	Nº DE PLANO PFC - 13
DISEÑADO POR: F. Arrazola	FECHA 01/06/2014	ESCALA	PESO(kg)
			HOJA 1/1





Capítulo

# 2.4

## CAPÍTULO 2.4

### Planta eléctrica

*Una vez definidos los equipos e instalaciones del BP  
se dimensionarán tanto la planta principal eléctrica como la de emergencia  
mediante el análisis de la potencia necesaria  
en cada una de las condiciones de servicio, previstas*



## 1.- PRINCIPIOS DE DISEÑO

Las instalaciones eléctricas se diseñarán de acuerdo con las reglas contenidas en el convenio SOLAS, Capítulo II-1 “*Construcción – Estructura, compartimentado y estabilidad, instalaciones de maquinas e instalaciones eléctricas*”, concretamente la Parte D “*Instalaciones eléctricas*”, de manera que quede garantizada la seguridad de la tripulación y el buque de los riesgos eléctricos.

Se seguirán las reglas DnV RULES FOR CLASSIFICATION OF DET NORSKE VERITAS “Ships / High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft PART 4 CHAPTER 8 NEWBUILDINGS MACHINERY AND SYSTEMS – MAIN CLASS Electrical Installations”

En aquellos casos en los que las reglas puedan no cubrir algún criterio de diseño se tendrán en cuenta las publicaciones IEC 60092.de la International Electrotechnical Comission.

En todos los casos se respetarán las reglas y normativas de la bandera española.

## 2.- PLANTA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La planta de energía eléctrica deberá conjugar el criterio de autonomía con el de seguridad. Para ello se instalarán a bordo dos fuentes independientes de energía, constituidas por generadores eléctricos de características adecuadas y en número suficiente, los cuales serán accionados por motor diesel. Ambas plantas se definen según SOLAS II-1 Parte D como::

- Fuente principal de energía eléctrica
- Fuente de emergencia de energía eléctrica.

Cada una de ellas reunirá características de potencia y autonomía que se describen en los epígrafes siguientes, según los requisitos exigidos por SOLAS

### 2.1.- Fuente principal de energía eléctrica

La fuente de energía principal, está definida por SOLAS en la Regla 41.1.1

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Este equipamiento deberá reunir los requisitos siguientes:

*“capacidad suficiente para alimentar todos los servicios mencionados en la Regla SOLAS 40.1.1.”*

la cual a su vez exige que la planta principal de energía eléctrica sea capaz de garantizar la Regla SOLAS 40.1.1, la cual especifica:

*“todos los servicios eléctricos auxiliares que sean necesarios para mantener el buque en condiciones normales de funcionamiento y habitabilidad sin necesidad de recurrir a la fuente de energía eléctrica de emergencia”*

Según esta misma regla:

*“Esta fuente de energía eléctrica principal estará constituida por dos grupos electrógenos cuando menos”*

En relación a la potencia de los grupos, la Regla 40.1.2 es concluyente:

*“La capacidad de esos grupos electrógenos será tal que aunque uno cualquiera de ellos se pare sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad”*

Por tanto la planta de energía principal del “Buque Proyecto” estará compuesta por dos generadores, accionados por motor diesel, y cada uno de estos generadores tendrá potencia necesaria para mantener las exigencias de la Regla 40.1.2.; las cuales se especificarán en este mismo capítulo en los siguientes epígrafes.

## **2.2.- Fuente de emergencia de energía eléctrica.**

La Regla 43 SOLAS del Capítulo II-1 Parte D, exige:

*“La energía eléctrica disponible será suficiente para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de emergencia, proporcionando suministro de energía eléctrica a los sistemas de emergencia”*

La fuente de emergencia de energía eléctrica en el “Buque Proyecto” estará constituida por un generador, accionado por motor diesel, el cual tendrá potencia necesaria para mantener las exigencias de la Regla 43; las cuales se especificarán en este mismo capítulo en los siguientes epígrafes.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.- ENERGÍA ELÉCTRICA PRODUCIDA A BORDO

Las Características de la energía eléctrica producida a bordo por los generadores se establecen según la regla DnV A104.

#### 3.1.- Tipo de energía eléctrica producida

La corriente generada a bordo tanto por la fuente de energía principal como por la de emergencia será alterna trifásica.

#### 3.2.- Voltaje y frecuencia

Según las especificaciones correspondientes a las reglas del DnV y en aras de una facilitación del acopio e instalación de equipos, se adoptarán para el voltaje y la frecuencia de la corriente de a bordo los valores propios de la industria en España.

Para la tensión de servicio para los sistemas de fuerza se adoptará una diferencia de tensión entre fases de 380 V y una frecuencia de 50 Hz.

Aceptándose las variaciones de tensión admitidas por las reglas que son:

- Variaciones en el cuadro principal en estado estacionario 2.5% del valor nominal
- Variaciones en el cuadro principal en estado transitorio del 15% al 20% del valor nominal

La caída de tensión entre el cuadro eléctrico y el consumidor no será mayor del 6% en corriente alterna ni del 10 % en corriente continua

La corriente para alumbrado y usos de la habitación se distribuirá a 220 V/50 Hz, obtenida por transformación a través de un transformador monofásico refrigerado por aire.

La corriente continua, para la electrónica de control, señales y servicios de emergencia será de 24V y se obtendrá mediante batería de acumuladores que se cargan de la red de 220 V por rectificadores.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



La tensión de seguridad, para usos a bordo en los que los riesgos eléctricos puedan ser elevados será de 24 V en corriente continua y se obtendrá mediante batería de acumuladores que se cargan de la red de 220 V por rectificadores.

## 4.- RED DE DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución está formado por los diferentes cuadros eléctricos y el cableado que unen la fuente de energía principal y la fuente de energía de emergencia con los consumidores, en función de las exigencias normativas de la operación del buque.

Ya se fijó en el epígrafe 4 que la generación será alterna trifásica 380V/50Hz. Por tanto a partir de este dato se fijarán los sistemas físicos de distribución.

### 4.1.- Tipología de la red de fuerza

Con estas características eléctricas, atendiendo a las especificaciones de la sociedad de clasificación en la Pt.4 Ch.8 SECTION 2 SYSTEM DESIGN Regla A 104, la distribución de la energía eléctrica se hará en las 3 fases con neutro aislado.

Físicamente la red será en formato árbol, partiendo de un cuadro principal del que salen líneas a otros cuadros secundarios desde donde se reparte la energía eléctrica a los consumidores finales.

### 4.2.- Tipología de la red de alumbrado

Para la red de alumbrado y todo el sistema de enchufes y consumidores eléctricos que no sean de potencia, principalmente servicios a electrodomésticos de línea blanca y marrón en habilitación, sistemas del Puente y sistemas generales de alumbrado, la distribución de energía eléctrica para estas funciones se hará con los valores standard de la bandera, que son 220V/50Hz.

Estas características facilitan y abaratan el acopio de equipos para los servicios citados.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



#### 4.3.- Tipología de la red de corriente continua

Las posibles redes de corriente continua trabajarán a 24 V y la distribución física se hará según en la Pt.4 Ch.8 SECTION 2 SYSTEM DESIGN Regla A 104 de DnV con una red de dos conductores aislados.

#### 4.4.- Cuadro de distribución principal

Los requisitos del cuadro de distribución principal estarán de acuerdo con los requisitos especificados en el Convenio SOLAS Capítulo II-1 Parte D Regla 41.3

Este cuadro se encontrará ubicado en la zona de control de máquinas en la Cámara de Máquinas.

El cuadro principal agrupa los subcuadros de los diferentes servicios del buque, centralizando su operación y vigilancia.

Será de frente muerto, con estructura auto soportada. Como elementos de seguridad se instalará un pasamanos de madera en toda su longitud, una alfombra de goma en el frente y otra en la parte trasera ambas en toda la longitud del cuadro. El objeto de estos elementos es impedir la caída sobre el cuadro y proporcionar una protección eléctrica adicional a la tripulación en los usos del cuadro.

Los elementos eléctricos que componen el cuadro cumplirán con los requisitos de la sociedad de clasificación para elementos de tipo marino, cubriendo todos los requisitos de tipo anti vibratorio y tropical.

Adicionalmente los elementos constituyentes del cuadro cumplirán con la siguiente normativa IEC:

- |                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| • Interruptores:                 | IEC publicaciones 60947-1 y 60947-2 |
| • Fusibles:                      | IEC publicación 60269               |
| • Contactores electromagnéticos: | IEC publicaciones 60947-1 y 60947-2 |
| • Cableado:                      | IEC publicación 60092               |

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Para garantizar el funcionamiento los servicios esenciales, el cuadro principal montará relés selectivos de carga para garantizar este suministro en cualquier circunstancia.

Todos aquellos cuadros secundarios que puedan ser necesarios a bordo colgarán directamente del cuadro principal.

### **4.5.- cuadro de la fuente de energía principal**

La fuente de energía principal, los alternadores, dispondrá de un cuadro propio para su vigilancia, distribución de carga y maniobra de acoplamiento.

Este cuadro se encontrará integrado en el cuadro principal del buque y contará con los siguientes equipos de medida y maniobra.

- Interruptor automático con protección de intensidad máxima y tensión mínima
- Voltímetro con conmutador
- Amperímetro con conmutador
- Frecuencímetro
- Vatímetro
- Relés de inversión
- Lámparas de indicación de tierra
- Sincronoscopio

### **4.6.- Cuadro de emergencia**

El cuadro eléctrico de emergencia es el que corresponde a la fuente de energía de emergencia. Sus características están especificadas en SOLAS Capítulo II-1 Parte D Regla 43. 5.1.

Según esta misma regla *“el cuadro de distribución correspondiente a la fuente de energía eléctrica de emergencia estará instalado tan cerca de ésta como resulte posible”*. Por tanto el cuadro de emergencia se instalará en el mismo espacio que el generador de emergencia; este espacio estará en el pañol de proa, a popa del mamparo de colisión.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Al igual que para el cuadro principal, Los elementos eléctricos que componen el cuadro cumplirán con los requisitos de la sociedad de clasificación para elementos de tipo marino, cubriendo todos los requisitos de tipo anti vibratorio y tropical.

Igualmente, los elementos constituyentes del cuadro cumplirán con la normativa IEC ya especificada en el epígrafe 4.4.

#### 4.7.- Cuadros secundarios

Para completar la distribución de electricidad a bordo, se instalarán cuadros secundarios próximos a los equipos que alimentan en los casos que se considere oportuno.

#### 4.8.- Cableado

Las características del cableado cumplirán con las

IACS URE con las recomendaciones del IEC, publicaciones 60092-350, 60092-351, 60092-352, 60092-353, 60092-354, 60092-359, 60092-373, 60092-374, 60092- 375 y 60092-376

### 5.- POTENCIA ELECTRICA DE LOS CONSUMIDORES

Los consumidores eléctricos se han definido en los epígrafes anteriores. Se agruparán en función de su criterio de servicio para, posteriormente, efectuar el balance eléctrico correspondiente que permitirá dimensionar adecuadamente los generadores y la instalación eléctrica en su conjunto.

#### 5.1.- Listado de consumidores eléctricos

Este apartado presenta la lista completa de equipos consumidores de energía eléctrica a bordo.

El listado se ha obtenido a partir de los cálculos efectuados en los capítulos correspondientes al volumen 2 en el que se han definidos los equipos y servicios de a bordo.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>PROPULSIÓN Y CÁMARA DE MÁQUINAS</b>	
Bomba de trasiego DO 1	3,25 kW
Bomba de trasiego DO 2	3,25 kW
Purificadora DO	0,80 kW
Bomba de agua salada 1	5,00 kW
Bomba de agua salada 2	5,00 kW
Bomba para lubricación del eje de cola	0,50 kW
Compresor aire de arranque 1	13,2 kW
Compresor aire de arranque 2	13,2 kW
Compresor de emergencia – Servicios en CM	5,50 kW
Ventilador de Cámara de Máquinas 1	3,20 kW
Ventilador de Cámara de Máquinas 2	3,20 kW
Extractor de Cámara de Máquinas 1	3,20 kW
Extractor de Cámara de Máquinas 2	3,20 kW
Ventilador local servomotor del timón 1	0,16 kW
Ventilador local servomotor del timón 2	0,16 kW
Extractor local servomotor del timón 1	0,16 kW
Extractor local servomotor del timón 2	0,16 kW
Evaporador	21,0 kW
Bomba de achique de sentinas 1	3,30 kW
Bomba de achique de bodega de carga (eyector)	0,00 kW
Bomba de achique de la caja de cadenas	1,00 kW
Bomba de lastre 1	4,11 kW
Bomba de lastre 2	4,11 kW
Bomba CI 1	9,75 kW
Bomba CI 2	9,75 kW
Polipasto CM	2,00 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>EQUIPO DE GOBIERNO</b>	
Accionamiento hidráulico servomotor del timón	7,20 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO</b>	
Accionamiento hidráulico del molinete	16,01 kW
Winch de popa	11,38 kW

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



EQUIPO	POTENCIA UNITARA
<b>COCINA – GAMBUZA</b>	
Congelador de carne	0,50 kW
Congelador de pescado	0,50 kW
Refrigerador de frutas	0,50 kW
Refrigerador de pescado	0,50 kW
Frigorífico de servicio diario	0,75 kW
Cocina eléctrica de cuatro parrillas	5,00 kW
Horno eléctrico de 100 litros	2,50 kW
Horno de pan	2,50 kW
Marmita eléctrica de 5 litros	2,0 kW
Freidora de 3 litros nº1	2,0 kW
Freidora de 3 litros nº2	2,0 kW
Horno microondas de 30 litros nº1	0,90 kW
Horno microondas de 30 litros nº2	0,90 kW
Amasadora de 20 litros	1,00 kW
Molinillo de café	1,50 kW
Cafetera eléctrica	2,50 kW
Termo para leche	1,20 kW
Lavavajillas nº 1	2,00 kW
Lavavajillas nº 2	2,00 kW
Fuente fría	0,50 kW
Frigoríficos tripulación	1,40 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARA
<b>HVAC</b>	
Ventilador Puente	0,22 kW
Extractor Puente	0,22 kW
Ventilador Cocina	1,73 kW
Extractor Cocina	1,73 kW
Extractor de habitación nº 1	1,35 kW
Extractor de habitación nº 2	1,35 kW
Batería de resistencias de calefacción de camarotes	7,66 kW
Máquina climatizadora	20,7 kW

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>SERVICIOS HIGIÉNICOS</b>	
Lavadora industrial nº 1	2,0 kW
Lavadora industrial nº 2	2,0 kW
Secadora industrial nº 1	1,5 kW
Secadora industrial nº 2	1,5 kW
Lavadora de tripulación nº 1	0,6 kW
Lavadora de tripulación nº 2	0,6 kW
Secadora de tripulación	0,5 kW
Planchas de tripulación nº 1	0,2 kW
Planchas de tripulación nº 1	0,2 kW
Equipo hidróforo de agua sanitaria	0,5 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>SERVICIOS ECOLÓGICOS</b>	
Bba achique de sentinas/descarga MARPOL Anexo I	1,5 kW
Bomba de lodos	1,0 kW
Separador de sentinas	3,0 kW
Bba descarga aguas negras-grises MARPOL Anexo IV	1,0 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>SERVICIOS DE AYUDA A LA NAVEGACIÓN</b>	
Girocompás 1	0,5 kW
Girocompás 2	0,5 kW
Repetidor de rumbo	0,5 kW
Autopiloto	0,75 kW
Visualizador de cartas	0,2 kW
Receptor del sistema mundial de navegación	0,2 kW
Radar ARPA nº 1	0,8 kW
Radar ARPA nº 2	0,8 kW
Ecosonda	0,3 kW
Lámpara de señales eléctrica	0,5 kW
Sistema LRIT	0,3 kW
Registrador RDT	0,3 kW

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>ENTRETENIMIENTO</b>	
Televisores y equipos DVD	1,6 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>SERVICIO DE ELEVACIÓN Y ACCESO</b>	
Grúa de cubierta Br	1,5 kW
Grúa de cubierta Er	1,5 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>COMUNICACIONES INTERIORES</b>	
Telégrafo de órdenes	0,3 kW
Sistema de avisos generales	0,1 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>COMUNICACIONES EXTERIORES</b>	
Instalación radioeléctrica de ondas métricas	0,1 kW
Instalación radioeléctrica para escucha continua de LSD	0,1 kW
Receptor Navtex	0,1 kW
Servicio INMARSAT	0,2 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>LUCES DE NAVEGACIÓN</b>	
Luz de tope	0,3 kW
Luz de costado Br	0,3 kW
Luz de alcance	0,3 kW
Luz de costado Er	0,3 kW
Luz de remolque	0,3 kW
Luz todo horizonte	0,3 kW
Luz centelleante	0,3 kW

EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>ALUMBRADO INTERIOR</b>	
Alumbrado de zonas comunes y privadas	0,7 kW
Alumbrado interior de emergencia	0,64 kW

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>ALUMBRADO EXTERIOR</b>	
Iluminación de pasillos exteriores en cubierta principal	0,48 kW
Iluminación de pasillos exteriores en cubierta de puente	0,24kW
Zona de salvamento. Estación de balsas n° 1	0,30 kW
Zona de salvamento. Estación de balsas n° 2	0,30 kW
Zona de salvamento. Estación de bote de rescate	0,40 kW
Zona de acceso al buque: portalón de Br	0,30 kW
Zona de acceso al buque: portalón de Er	0,30 kW
Cubierta principal en zona de carga	2,00 kW
Zona de amarre y fondeo proa	0,80 kW
Zona de amarre y fondeo popa	0,40 kW
Focos de iluminación general para vigilancia Cbta	1,40 kW

Tabla V2/C4-T1: Listado de tablas de consumidores eléctricos por servicio  
Fuente: elaboración propia

Una vez identificados todos los consumidores eléctricos a bordo, se clasificarán en función de la criticidad de su servicio. Posteriormente se efectuará el balance eléctrico.

Para compensar las pérdidas globales medias del cableado de la instalación se ha considerado un incremento del 3% en la potencia de los consumidores.

Se ha tomado un factor de potencia  $\cos \phi = 0,8$  para todos los consumidores.

## 5.2.- Clasificación de los servicios a bordo

Las reglas A-200 y A-300 de DnV contenidas en la Sección 13 Parte 4, Capítulo 8 “Electrical installations” especifican la criticidad de los servicios, los cuales se clasifican en dos grandes grupos, esenciales y de emergencia.

- Servicios esenciales primarios o simplemente “Esenciales”  
Comprenden todos los equipos que deben estar en servicio continuo para garantizar la maniobrabilidad del buque, teniendo en cuenta gobierno y propulsión

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



- Servicios esenciales secundarios o “Importantes”  
Son todos los equipos que no necesariamente tienen por qué estar en servicio continuo para garantizar la maniobrabilidad del buque.
- Servicios de emergencia  
Son aquellos servicios que son imprescindibles en la condición de emergencia

### 5.2.1- Servicios esenciales primarios

Según la definición de servicios esenciales especificados en la Regla 43.2 de SOLAS y las ya comentadas reglas de DnV desde A-100 hasta A-300 contenidas en la Sección 13 Parte 4, Capítulo 8 “Electrical installations”, se considerarán como Servicios Esenciales los listados a continuación, los cuales se presentan en inglés para evitar errores de interpretación:

- Generator units supplying primary essential equipment
- Steering gear plant
- Fuel oil supply units including viscosity control equipment
- Lubricating oil pumps
- Cooling water/cooling media pumps
- Charging air blowers
- Electrical equipment for oil firing equipment
- Electrical equipment for thermal oil systems
- Hot and warm water generation plants
- Hydraulic pumps for primary essential equipment
- Controllable pitch propeller installation
- Electrical main propulsion plants
- Azimuth drives of the main propulsion plants
- Main steam plants
- Adjusting, control and safety devices/systems for primary essential equipment
- Monitoring equipment for primary essential equipment

Adaptando este listado a las particularidades del “Buque Proyecto” se identifican aquellos servicios que se clasificarán como esenciales primarios, los cuales se especifican en la siguiente tabla.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



SERVICIOS ESENCIALES PRIMARIOS	
EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>PROPULSIÓN Y CÁMARA DE MÁQUINAS</b>	
Bombas de trasiego DO	3,25 kW
Bombas de agua salada	5,00 kW
Bomba para lubricación del eje de cola	0,50 kW
Evaporador	21,0 kW
<b>EQUIPO DE GOBIERNO</b>	
Accionamiento hidráulico servomotor del timón	7,20 kW

Tabla V2/C4-T2: Servicios esenciales primarios  
Fuente: elaboración propia

### 5.2.2.- Servicios esenciales secundarios

Siguiendo las mismas reglas que definen los servicios esenciales primarios, los secundarios son:

- Starting installations for auxiliary and main engines
- Starting and control air compressor
- Engine and boiler room ventilation fans
- Fuel oil treatment units
- Fuel oil transfer pumps
- Lubrication oil treatment units
- Lubrication oil transfer pumps
- Heavy fuel oil heaters
- Bilge and ballast pumps
- Ballast water treatment systems
- Heeling compensation systems
- Fire pumps and fire fighting plant
- Hydraulic pumps for secondary essential equipment
- Electrical equipment for auxiliary steam plants
- Transverse thrusters, if they are auxiliary equipment
- Anchor windlass
- Ventilation fans for hazardous areas
- Turning gear for main engines
- Generators supplying secondary essential equipment
- Lighting system
- Position and navigating lights, aids and signal equipment
- Navigational appliances and navigational systems

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



- Fire detection and alarm systems
- Internal safety communication equipment
- Bulkhead door closing equipment
- Bow and stern ramps as well as shell openings
- Control monitoring and safety systems for cargo containment systems
- Adjusting, control and safety devices/systems for secondary essential equipment
- Monitoring equipment for secondary essential equipment

Adaptado este listado a las particularidades del “Buque Proyecto”, resulta la tabla:

SERVICIOS ESENCIALES SECUNDARIOS (1)	
EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>PROPULSIÓN Y CÁMARA DE MÁQUINAS</b>	
Bomba de trasiego DO 2	3,23 kW
Purificadora DO	0,80 kw
Bomba de lodos	1,00 kW
Bomba de agua salada 2	5,00 kW
Compresor aire de arranque 2	13,2 kW
Ventiladores de Cámara de Máquinas	3,19 kW
Extractores de Cámara de Máquinas	3,19 kW
Ventiladores del local servomotor del timón	0,16 kW
Extractores del local servomotor del timón	0,16 kW
Bomba de achique de sentinas 2	3,30 kW
Bomba de achique de bodega de carga (Eyector)	0,00 kW
Bomba de achique de la caja de cadenas	1,00 kW
Bomba de lastre 1	4,11 kW
Bomba de lastre 2	4,11 kW
Bomba CI 1	9,75 kW
Bomba CI 2	9,75 kW
<b>SERVICIOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES</b>	
Girocompás 1	0,50 kW
Girocompás 2	0,50 kW
Repetidor de rumbo	0,50 kW
Autopiloto	0,75 kW
Visualizador de cartas	0,20 kW
Receptor del sistema mundial de navegación	0,20 kW
Radar ARPA n° 1	0,80 kW
Radar ARPA n° 2	0,80 kW
Ecosonda	0,30 kW
Lámpara de señales eléctrica	0,50 kW
Sistema LRIT	0,30 kW
Registrador RDT	0,30 kW

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





SERVICIOS ESENCIALES SECUNDARIOS (3)	
EQUIPO	POTENCIA UNITARA
<b>COMUNICACIONES INTERIORES</b>	
Telégrafo de órdenes	0,30 kW
Sistema de avisos generales	0,10 kW
<b>EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO</b>	
Accionamiento hidráulico del molinete	16,01 kW
Winch de popa	11,38 kW
<b>ALUMBRADO EXTERIOR</b>	
Iluminación de pasillos exteriores en cubierta principal	0,48 kW
Iluminación de pasillos exteriores en cubierta de puente	0,24kW
Zona de salvamento. Estación de balsas n° 1	0,30 kW
Zona de salvamento. Estación de balsas n° 2	0,30 kW
Zona de salvamento. Estación de bote de rescate	0,40 kW
Zona de acceso al buque: portalón de Br	0,30 kW
Zona de acceso al buque: portalón de Er	0,30 kW
Cubierta principal en zona de carga	2,00 kW
Zona de amarre y fondeo proa	0,80 kW
Zona de amarre y fondeo popa	0,40 kW
Iluminación de pasillos exteriores en cubierta principal	0,48 kW
<b>ALUMBRADO INTERIOR</b>	
Alumbrado de zonas comunes y privadas	0,70 kW
<b>ALUMBRADO DE NAVEGACIÓN</b>	
Luz de tope	0,30 kW
Luz de costado Br	0,30 kW
Luz de alcance	0,30 kW
Luz de costado Er	0,30 kW
Luz de remolque	0,30 kW
Luz todo horizonte	0,30 kW
Luz centelleante	0,30 kW

Tabla V2/C4-T3: Servicios esenciales secundarios

Fuente: elaboración propia

### 5.2.3.- Servicios no esenciales

Se consideran como tales los no incluidos en los servicios esenciales primarios y secundarios.

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



SERVICIOS NO ESENCIALES	
EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
PROPULSIÓN Y CÁMARA DE MÁQUINAS	
Polipasto CM	2,00 kW
COCINA – GAMBUZA	
Congelador de carne	0,50 kW
Congelador de pescado	0,50 kW
Refrigerador de frutas	0,50 kW
Refrigerador de pescado	0,50 kW
Frigorífico de servicio diario	0,75 kW
Cocina eléctrica de cuatro parrillas	5,00 kW
Horno eléctrico de 100 litros	2,50 kW
Horno de pan	2,50 kW
Marmita eléctrica de 5 litros	2,00 kW
Freidora de 3 litros n°1	2,00 kW
Freidora de 3 litros n°2	2,00 kW
Horno microondas de 30 litros n°1	0,90 kW
Horno microondas de 30 litros n°2	0,90 kW
Amasadora de 20 litros	1,00 kW
Molinillo de café	1,50 kW
Cafetera eléctrica	2,50 kW
Termo para leche	1,20 kW
Lavavajillas n° 1	2,00 kW
Lavavajillas n° 2	2,00 kW
Fuente fría	0,50 kW
Frigoríficos tripulación	1,40 kW
HVAC	
Ventilador Puente	0,22 kW
Extractor Puente	0,22 kW
Ventilador Cocina	1,73 kW
Extractor Cocina	1,73 kW
Extractor de habitación n° 1	1,35 kW
Extractor de habitación n° 2	1,35 kW
Batería de resistencias de calefacción de camarotes	7,66 kW
Máquina climatizadora	20,73 kW
Bomba de descarga de aguas negras y grises	1,00 kW

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



SERVICIOS NO ESENCIALES	
EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
<b>LAVANDERÍA</b>	
Lavadora industrial nº 1	2,00 kW
Lavadora industrial nº 2	2,00 kW
Secadora industrial nº 1	1,50 kW
Secadora industrial nº 2	1,50 kW
Lavadora de tripulación nº 1	0,60 kW
Lavadora de tripulación nº 2	0,60 kW
Secadora de tripulación	0,50 kW
Planchas de tripulación nº 1	0,20 kW
Planchas de tripulación nº 1	0,20 kW
<b>ENTRETENIMIENTO</b>	
Televisores y equipos DvD	1,60 kW
<b>SERVICIO DE ELEVACIÓN Y ACCESO</b>	
Grúa de cubierta Br	1,50 kW
Grúa de cubierta Er	1,50 kW

Tabla V2/C4-T4: Servicios esenciales secundarios  
Fuente: elaboración propia

### 5.2.4.- Consumidores de emergencia

Los consumidores eléctricos en la situación de emergencia vienen definidos por el Convenio Internacional SOLAS y también por las especificaciones existentes en las reglas de la sociedad de clasificación.

El objetivo es garantizar el funcionamiento de aquellos equipos que son imprescindibles en la condición de emergencia.

Según SOLAS Regla 42.2, “La energía eléctrica disponible será suficiente para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de emergencia”

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Asimismo, según SOLAS Regla 42.2, *“la fuente de energía eléctrica de emergencia tendrá capacidad para alimentar simultáneamente como mínimo y durante los periodos que se especifican los servicios siguientes”*

- Durante un periodo de 36 h, alumbrado de emergencia
- Durante un periodo de 18 h:
  - 1.- Todo el equipo de comunicaciones interiores necesario en una situación de emergencia;
  - 2.- Los aparatos náuticos de a bordo
  - 3.- El sistema de detección de incendios y de alarma
  - 4.- Todas las señales interiores que se requieren en una situación de emergencia;
  - 5.- Una de las bombas contraincendios

Según las reglas A-200 y A-300 de DnV contenidas en la Sección 13 Parte 4, Capítulo 8 “Electrical installations”; los consumidores de emergencia *“son aquellos que tras una caída de la planta principal de energía deben ser alimentados con la fuente de energía de emergencia”*

Estos consumidores se recogen en la Tabla V2/C4-T5:

SERVICIO DE EMERGENCIA	
EQUIPO	POTENCIA UNITARIA
Alumbrado de emergencia en todo el buque	0,666 kW
Luces de navegación	2,184 kW
Todo el equipo de comunicaciones interiores	0,416 kW
Aparatos náuticos	5,876 kW
Sistema de detección de incendios y alarma	0,100 kW
Señales interiores de emergencia	0,104 kW
Una bomba del sistema CI	10,14 kW
Instalación radioeléctrica	0,520 kW

Tabla V2/C4-T5: Servicios esenciales secundarios  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## 6.- CÁLCULO DE LA PLANTA. BALANCE ELÉCTRICO

Conocidos los consumidores eléctricos, su tensión y frecuencia de trabajo así como la potencia absorbida por cada uno de ellos se procede a analizar el balance eléctrico del buque. Para ello se definirán las condiciones de servicio, efectuando un balance eléctrico para cada una de las diferentes condiciones operacionales del buque, las cuales son:

- Navegación normal
- Entrada o salida de puerto y maniobra
- Estancia en puerto, carga y descarga
- Emergencia

Para la construcción del balance eléctrico del Buque Proyecto, se calculará la potencia total demandada por la instalación eléctrica en cada una de las diferentes situaciones de servicio del buque, obteniéndose la potencia que se debe generar en cada situación.

$$P_D = K_u \cdot P_R$$

Siendo:

- $P_D$ : Potencia demandada en las condiciones de servicio [kW]
- $P_R$ : Potencia total instalada de receptores [kW]
- $K_u$ : coeficiente de utilización.  $K_u = K_n \cdot K_{sr}$ 
  - $K_n$ : Coeficiente de simultaneidad
  - $K_{sr}$ : Coeficiente de servicio y régimen

Para la confección del balance eléctrico no se ha diferenciado entre los consumos diurnos y nocturnos debido a la escasa importancia del alumbrado entre ambas condiciones frente al resto de los consumidores. Los diferentes casos de cálculo para el balance eléctrico se incluyen el Anexo I al final de capítulo, incluyéndose en el Anexo II se incluye el plano unifilar del cuadro principal.

## 7.- SELECCIÓN DE LOS GENERADORES

Conocidas las necesidades de potencia a suministrar se seleccionan los grupos generadores siguiendo la información de la tabla resumen del balance eléctrico.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



	CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN		CONDICIÓN DE ENTRADA O SALIDA DE PUERTO / MANIOBRA		CONDICIÓN DE ESTANCIA EN PUERTO - CARGA / DESCARGA	
	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA
	P (Kw)	Q(kVAR)	P (Kw)	Q(kVAR)	P (Kw)	Q(kVAR)
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA I : AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN Y SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS	15,455	11,592	18,999	14,249	6,127	4,595
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA II : AUXILIARES NECESARIOS A LA NAVEGACIÓN	4,654	3,491	6,916	5,187	0,000	0,000
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA III : OTROS SISTEMAS AUXILIARES DEL BUQUE	1,658	1,243	1,658	1,243	3,218	2,413
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA IV :	23,327	17,496	23,327	17,496	22,123	16,592
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA V :	11,284	8,463	11,284	8,463	19,445	14,584
POTENCIA TOTAL DEMANDADA POR CATEGORÍA DE NAVEGACIÓN	56,379	42,284	62,184	46,638	50,913	38,185
POTENCIA TOTAL A SUMINISTRAR EN CADA CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN	70,473		77,730		63,641	

Tabla V2/C4-T6: Tabla de necesidades de potencia eléctrica según condiciones de navegación  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



	CONDICIÓN DE EMERGENCIA	
	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA
	P (Kw)	Q(kVAR)
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES EN EMERGENCIA	19,802	14,851
<b>POTENCIA TOTAL A SUMINISTRAR EN LA CONDICIÓN DE EMERGENCIA</b>	<b>24,752</b>	

Tabla V2/C4-T7: Tabla de necesidades de potencia eléctrica en la condición de emergencia  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



Según la regla 41.1.2 de SOLAS “La capacidad de esos grupos electrógenos será tal que aunque uno cualquiera de ellos se pare sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad”.

Por tanto se seleccionaran un número  $n$  de generadores idénticos de manera que  $(n-1)$  sean capaces de proporcionar la potencia necesaria en la condición de máxima demanda y quede un generador en stand by, el cual arrancará de manera automática ante una caída de uno de los generadores en servicio, que en el caso del Buque Proyecto será un único generador..

Adicionalmente se seleccionará un generador de emergencia capaz de soportar esta individualmente esta condición.

Se seleccionan los siguientes grupos generadores para ser instalados en el buque:

- 2 grupos generador diesel Caterpillar C4.4 / 95 eKW – 1.800 rpm – 380V/50 Hz, para operación normal.
- 1 grupo generador diesel Caterpillar C4. 4 / 36 eKW - 1.500 rpm – 380V/50 Hz, para operación en emergencia.

### 7.1.- Régimen de funcionamiento de los generadores

Conocidos los valores de potencia total demandada para cada condición operativa del buque se define el régimen de trabajo de los generadores según la siguiente tabla.

	GRUPOS GENERADORES	GRUPO DE EMERGENCIA
CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN	1	
CONDICIÓN DE ENTRADA O SALIDA DE PUERTO / MANIOBRA	2	
CONDICIÓN DE ESTANCIA EN PUERTO - CARGA / DESCARGA	1	
CONDICIÓN DE EMERGENCIA		1

Tabla V2/C4-T8: régimen de trabajo de los generadores  
Fuente: elaboración propia

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





## 8.-ALIMENTACIÓN DE SERVICIOS A 220 V.TRANFORMADORES

Tanto la red de alumbrado general del buque, como los enchufes y los equipos de línea blanca (frigoríficos y electrodomésticos) y marrón (TV y equipos de entretenimiento) de la habitación y

fonda trabajan a 220V / 50 Hz, por lo que se hace necesaria la transformación de la energía eléctrica generada a estos parámetros para los usos referidos.

La potencia consumida en el caso mas desfavorable por los equipos citados que constituyen los grupos de consumidores citados, que forman los grupos III y IV del balance eléctrico es:

$$P_{\text{Trafo}} = P_{\text{III}} + P_{\text{IV}} = 3,218 \text{ kW} + 23,327 \text{ kW} = 33,181 \text{ KVA}$$

Tomando este valor de la potencia consumida por los dos grupos, y teniendo en cuenta que el factor de potencia es de 0,8, resulta una potencia aparente de será 33,181 KVA. Por lo tanto se instalan dos transformadores de 35 KVA, 380/220V, 50Hz

## 9.-ALIMENTACIÓN DE SERVICIOS A 24 V CC.BATERÍAS

Los servicios a 24 V se alimentarán mediante baterías (acumuladores) o en caso de los equipos electrónicos o de comunicaciones desde sus propios cargadores, los cuales son convertidores de tensión alterna-continua.

Las baterías se cargarán mediante dos rectificadores dispuestos en paalelo y que trabajarán alternadamente, que podrán cargar a los dos grupos de baterías, las cuales se coenctarán al cuadro de emergencia automáticamente en caso de fallo de la fuente principal de energía.

## 10.-ALIMENTACIÓN DESDE TIERRA

Se dispondrá de una toma de corriente de tierra con una potencia suficiente que permita la alimentación de todos los servicios durante la estancia en puerto.

La conexión con el exterior se realizará mediante un seccionador con protección adecuada a través del cuadro principal siendo su alimentación trifásica a 380 V y 50 Hz.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## 11.- DIMENSIONAMIENTO DE BARRAS Y CABLEADO.

Una vez conocidas la potencia de cada uno de los generadores y la tipología de la instalación se procede al dimensionamiento del embarrado de los cuadros principal y de emergencia y del cableado que conecta los generadores con sus correspondientes cuadros.

### 11.1 Embarrado del cuadro eléctrico principal

El cálculo del embarrado del cuadro principal se centra en la sección que deben tener las barras.

Partiendo de la expresión general para el cálculo de la sección de un conductor en corriente alterna.

$$S_{BP} = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta V}$$

Siendo:

- $S_{BP}$  Sección de cada barra del cuadro principal
- $\rho$  Resistividad del material
- $L$  Longitud de la barra
- $I$  Corriente en circulación
- $\cos\varphi$  Factor de potencia

Las barras serán de aluminio, de una longitud de 6 metros, siendo el factor de potencia de la instalación 0,8 y la caída máxima de tensión admisible del 4%.

Basta con especificar el valor de la intensidad y el de resistividad para poder calcular la sección de las barras. Para el aluminio  $\rho = 0,028264 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ .

La intensidad se calcula considerando la potencia instalada del generador:

$$I = \frac{P_{total}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{95.000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 180,42 \text{ A}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



No se tomarán valores de corrección por temperatura ya que la temperatura ambiente de la zona de ubicación del cuadro es de 22°C y los valores de la resistividad son a 20°C

Por tanto resulta una sección de conductor de 200,1 mm<sup>2</sup>

## 11.2.- Embarrado del cuadro eléctrico de emergencia

Siguiendo la metodología aplicada al cálculo de las secciones del cuadro principal, se obtiene para el cuadro de emergencia un amperaje de entrada de  $I_{EM} = 66 \text{ A}$ .

El cuadro de emergencia se situará en un espacio adecuado a proa detrás del mamparo de colisión, lo que considerando condiciones ambientales en torno a los 25°C y tomado también aluminio como material, la sección de barras resulta  $S_{BEM} = 71,68 \text{ mm}^2$

## 11.3.- Cableado de conexión de cada generador de la fuente de energía principal al cuadro eléctrico principal

Se seguirá la metodología utilizada para el cálculo de las secciones de las barras, teniendo en cuenta el efecto de la temperatura ambiental que se fijará en 45°C.

Considerando una temperatura máxima en los conductores de 90°C en régimen permanente y una temperatura ambiente estándar de 45°C, ya que el ruteado de los cables se hará por bandeja al aire, el coeficiente de corrección par una condición extrema de temperatura ambiente en Cámara de Máquinas de 50°C resulta:

$$K = \sqrt{\frac{\Delta\theta'}{\Delta\theta}} = \sqrt{\frac{90 - 40}{90 - 50}} = 1,11$$

Puesto que la intensidad, considerando la potencia instalada del generador, resulta:

$$I = \frac{P_{total}}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} = \frac{95.000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8} = 180,42 \text{ A}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Los cables se dimensionarán para un amperaje  $I_{\text{GEN}} = K \cdot I = 200,26 \text{ A}$ . aplicando de la expresión general para el cálculo de la sección de un conductor en corriente alterna.

$$S_{CP} = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta V}$$

Siendo:

- $S_{CP}$  Sección del conductor de la fuente de energía principal
- $\rho$  Resistividad del material
- $L$  Longitud del conductor
- $I$  Corriente en circulación
- $\cos\varphi$  Factor de potencia

Los cables serán de cobre, de una longitud estimada de 10 metros, siendo el factor de potencia de la instalación 0,8 y la caída máxima de tensión admisible del 4%.

Conocidos tanto el valor de la intensidad que circula por el conductor como el valor de la resistividad para el cobre  $\rho = 0,0171 \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ , se obtiene para este tipo de cable una sección de  $S_{CP} = 1.360 \text{ mm}^2$

### **11.4.- Cableado de conexión del generador de emergencia al cuadro de emergencia.**

Siguiendo la sistemática aplicada en el epígrafe 12.3 para el cálculo de la sección de los cables de los generadores principales se obtiene la sección del cableado que conecta el generador de emergencia con su cuadro.

Se considerarán idénticas las condiciones ambientales y demás detalles, a excepción de la longitud del cable que se estima en 5m, resultando:

$$I_{EM} = K \cdot I = 66 \cdot 1.11 = 72,6 \text{ A}$$

- $S_{CE}$  Sección del conductor de la fuente de energía de emergencia

Finalmente se obtiene una sección  $S_{CE} = 246 \text{ mm}^2$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## BIBLIOGRAFÍA

DnV Rules & Regulations Pt3

Baquerizo, L. (1987): *Lecciones de electricidad aplicada al buque*. Madrid, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.generalcable.es/Aplicaciones/CalculodecablesdeBajaTensión/tabid/357/ctl/CalculoIntensidad/mid/7526/rtab/357/Default.aspx>

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## **ANEXO I**

### **BALANCE ELÉCTRICO**

**Balances eléctricos del buque para cada condición de cálculo**

**TUTOR:**

**ALUMNO:**

**D. Germán Romero**

**Francisco J. Arrazola Méndez**

# ***Buque Costero de Carga General***

***Planta Eléctrica***



## **CONDICIÓN 1: NAVEGACIÓN**

***TUTOR:***

***ALUMNO:***

***D. Germán Romero***

***Francisco J. Arrazola Méndez***

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICION 1: NAVEGACIÓN							
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA			
CATEGORÍA		CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos φ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)		
I	AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN Y SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS	SISTEMA DE COMBUSTIBLE													
		Bomba de trasiego DO	3,23	2	6,46	4%	6,7184	0,8	0,5	0,2	0,1	0,67184	0,50388		
		Purificadora DO	0,8	1	0,8	4%	0,832	0,8	1	0,5	0,5	0,416	0,312		
		Bomba de lodos	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0,1	0,1	0,104	0,078		
		SISTEMA DE LUBRICACIÓN													
		Bomba de lubricación del eje de cola	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	1	1	0,52	0,39		
		SISTEMA DE AGUA SALADA													
		Bombas de agua salada	5	2	10	4%	10,4	0,8	0,5	0,4	0,2	2,08	1,56		
		SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO													
		Compresores de aire de arranque	13,2	2	26,4	4%	27,456	0,8	0,5	0,2	0,1	2,7456	2,0592		
		Compresor de emergencia – Servicios en CM	5,5	1	5,5	4%	5,72	0,8	1	0,1	0,1	0,572	0,429		
		VENTILACIÓN DE ESPACIOS DE MÁQUINAS													
		Ventiladores de Cámara de Máquinas	3,2	2	6,4	4%	6,656	0,8	0,5	1	0,5	3,328	2,496		
		Extractores de Cámara de Máquinas	3,2	2	6,4	4%	6,656	0,8	0,5	1	0,5	3,328	2,496		
		Ventiladores local servomotor del timón	0,16	2	0,32	4%	0,3328	0,8	0,5	1	0,5	0,1664	0,1248		
		Extractores local servomotor del timón	0,16	2	0,32	4%	0,3328	0,8	0,5	1	0,5	0,1664	0,1248		
		SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS													
		Bombas de achique de sentinas	3,3	2	6,6	4%	6,864	0,8	0,5	0,1	0,05	0,3432	0,2574		
		Bomba de achique de bodega de carga	0	1	0	4%	0	0,8	1	0	0	0	0		
		Bomba de achique de la caja de cadenas	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0	0	0	0		
		Bomba de descarga de aguas negras / grises	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0	0	0	0		
		SERVICIO DE LASTRE													
		Bombas de lastre	4,11	2	8,22	4%	8,5488	0,8	0,5	0	0	0	0		
		EQUIPO DE BALDEO Y CI													
		Bombas CI	9,75	2	19,5	4%	20,28	0,8	0,5	0,1	0,05	1,014	0,7605		
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA I : AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN Y SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS											15,455	11,592			

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICION 1:NAVEGACIÓN					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA	CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos φ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)	
II	AUXILIARES NECESARIOS A LA NAVEGACIÓN	EQUIPO DE GOBIERNO											
		Accionamiento hidráulico servomotor del timón	7,2	1	7,2	4%	7,488	0,8	1	0,25	0,25	1,872	1,404
		SERVICIOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES											
		Girocompás	0,5	2	1	4%	1,04	0,8	0,5	0,5	0,25	0,26	0,195
		Repetidor de rumbo	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,5	0,5	0,26	0,195
		Autopiloto	0,75	1	0,75	4%	0,78	0,8	1	0,5	0,5	0,39	0,2925
		Visualizador de cartas	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0,5	0,5	0,104	0,078
		Receptor del sistema mundial de navegación	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0,5	0,5	0,104	0,078
		Radar ARPA nº 1	0,8	2	1,6	4%	1,664	0,8	0,5	0,5	0,25	0,416	0,312
		Ecosonda	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		Lámpara de señales eléctrica	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,5	0,5	0,26	0,195
		Sistema LRIT	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		Registrador RDT	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		COMUNICACIONES EXTERIORES											
		Instalación radioeléctrica de ondas métricas	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078
		Instalación radioeléctrica para escucha continua de LSD	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078
		Receptor Navtex	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078
		Servicio INMARSAT	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	1	1	0,208	0,156
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA II : AUXILIARES NECESARIOS A LA NAVEGACIÓN											4,654	3,4905	

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICION 1: NAVEGACIÓN					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA	CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos ϕ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)	
III	ALUMBRADO	ALUMBRADO INTERIOR											
		Alumbrado de zonas comunes y privadas	0,7	1	0,7	4%	0,728	0,8	1	0,5	0,5	0,364	0,273
		Alumbrado interior de emergencia	0,64	1	0,64	4%	0,6656	0,8	1	0	0	0	0
		ALUMBRADO EXTERIOR											
		Iluminación de pasillos exteriores en cubierta principal	0,48	1	0,48	4%	0,4992	0,8	1	0,2	0,2	0,09984	0,07488
		Iluminación de pasillos exteriores en cubierta de puente	0,24	1	0,24	4%	0,2496	0,8	1	0,2	0,2	0,04992	0,03744
		Zona de salvamento. Estación de balsas nº 1	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,2	0,2	0,0624	0,0468
		Zona de salvamento. Estación de balsas nº 2	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,2	0,2	0,0624	0,0468
		Zona de salvamento. Estación de bote de rescate	0,4	1	0,4	4%	0,416	0,8	1	0,2	0,2	0,0832	0,0624
		Zona de acceso al buque: portalón de Br	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de acceso al buque: portalón de Er	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Cubierta principal en zona de carga	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de amarre y fondeo proa	0,8	1	0,8	4%	0,832	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de amarre y fondeo popa	0,4	1	0,4	4%	0,416	0,8	1	0	0	0	0
		Focos de iluminación general para vigilancia Cbta	1,4	1	1,4	4%	1,456	0,8	1	0	0	0	0



III	ALUMBRADO	LUCES DE NAVEGACIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
-----	-----------	---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA III : ALUMBRADO	1,658	1,243
---	-------	-------

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



								CONDICION 1:NAVEGACIÓN				
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA
CATEGORÍA	CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos $\phi$	$K_N$	$K_{SR}$	$K_U$	P (Kw)	Q(kVAR)
IV	COCINA – GAMBUZA											
	Congelador de carne	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
	Congelador de pescado	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
	Refrigerador de frutas	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
	Refrigerador de pescado	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
	Frigorífico de servicio diario	0,75	1	0,75	4%	0,78	0,8	1	0,3	0,3	0,234	0,1755
	Cocina eléctrica de cuatro parrillas	5	1	5	4%	5,2	0,8	1	0,3	0,3	1,56	1,17
	Horno eléctrico de 100 litros	2,5	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
	Horno de pan	2,5	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
	Marmita eléctrica de 5 litros	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
	Freidora de 3 litros nº1	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
	Freidora de 3 litros nº2	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
	Horno microondas de 30 litros nº1	0,9	1	0,9	4%	0,936	0,8	1	0,3	0,3	0,2808	0,2106
	Horno microondas de 30 litros nº2	0,9	1	0,9	4%	0,936	0,8	1	0,3	0,3	0,2808	0,2106
	Amasadora de 20 litros	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0,3	0,3	0,312	0,234
	Molinillo de café	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,3	0,3	0,468	0,351
	Cafetera eléctrica	2,5	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
	Termo para leche	1,2	1	1,2	4%	1,248	0,8	1	0,3	0,3	0,3744	0,2808
	Lavavajillas nº 1	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
	Lavavajillas nº 2	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
	Fuente fría	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
	Frigoríficos tripulación	1,4	1	1,4	4%	1,456	0,8	1	0,3	0,3	0,4368	0,3276

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



IV	APARATOS DE FUERZA, CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN EN LA HABILITACIÓN	HVAC											
		Ventilador Puente	0,22	1	0,22	4%	0,2288	0,8	1	0,3	0,3	0,06864	0,05148
		Extractor Puente	0,22	1	0,22	4%	0,2288	0,8	1	0,3	0,3	0,06864	0,05148
		Ventilador Cocina	1,73	1	1,73	4%	1,7992	0,8	1	0,3	0,3	0,53976	0,40482
		Extractor Cocina	1,73	1	1,73	4%	1,7992	0,8	1	0,3	0,3	0,53976	0,40482
		Extractor de habitación nº 1	1,35	1	1,35	4%	1,404	0,8	1	0,3	0,3	0,4212	0,3159
		Extractor de habitación nº 2	1,35	1	1,35	4%	1,404	0,8	1	0,3	0,3	0,4212	0,3159
		Batería de resistencias de calefacción de camarotes	7,66	1	7,66	4%	7,9664	0,8	1	0,3	0,3	2,38992	1,79244
		Máquina climatizadora	20,724	1	20,724	4%	21,55296	0,8	1	0,3	0,3	6,465888	4,849416
		LAVANDERÍA											
		Lavadora industrial nº 1	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,2	0,2	0,416	0,312
		Lavadora industrial nº 2	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,2	0,2	0,416	0,312
		Secadora industrial nº 1	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,2	0,2	0,312	0,234
		Secadora industrial nº 2	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,2	0,2	0,312	0,234
		Lavadora de tripulación nº 1	0,6	1	0,6	4%	0,624	0,8	1	0,2	0,2	0,1248	0,0936
		Lavadora de tripulación nº 2	0,6	1	0,6	4%	0,624	0,8	1	0,2	0,2	0,1248	0,0936
		Secadora de tripulación	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,2	0,2	0,104	0,078
		Planchas de tripulación nº 1	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0,2	0,2	0,0416	0,0312
		Planchas de tripulación nº 2	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0,2	0,2	0,0416	0,0312
		ENTRETENIMIENTO											
		Televisores y equipos DVD	1,6	1	1,6	4%	1,664	0,8	1	0,2	0,2	0,3328	0,2496

BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA IV : APARATOS DE FUERZA, CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN EN LA HABILITACIÓN	23,327	17,496
--	--------	--------

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICION 1: NAVEGACIÓN					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA		CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos ϕ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)
V	OTROS SISTEMAS AUXILIARES DEL BUQUE	EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO											
		Accionamiento hidráulico del molinete	16,01	1	16,01	4%	16,6504	0,8	1	0	0	0	0
		Winch de popa	11,38	1	11,38	4%	11,8352	0,8	1	0	0	0	0
		SISTEMA DE AGUA DULCE											
		Evaporador	21	1	21	4%	21,84	0,8	1	0,5	0,5	10,92	8,19
		SERVICIO DE ELEVACIÓN Y ACCESO											
		Grúa de cubierta Br	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0	0	0	0
		Grúa de cubierta Er	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0	0	0	0
		Polipasto CM	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0	0	0	0
		COMUNICACIONES INTERIORES											
		Telégrafo de órdenes	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
		Sistema de avisos generales	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	0,5	0,5	0,052	0,039
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA V : OTROS SISTEMAS AUXILIARES DEL BUQUE												11,284	8,463

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



## **CONDICIÓN 2 ENTRADA – SALIDA DE PUERTO / MANIOBRA**

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 2: ENTRADA - SALIDA DE PUERTO / MANIOBRA							
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERV. Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA			
CATEGORÍA		CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW (Pd)	FACTOR DE POTENCIA Cos ϕ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)		
I	AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN Y SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS	SISTEMA DE COMBUSTIBLE													
		Bomba de trasiego DO	3,23	2	6,46	4%	6,7184	0,8	0,5	0,1	0,05	0,33592	0,25194		
		Purificadora DO	0,8	1	0,8	4%	0,832	0,8	1	0,5	0,5	0,416	0,312		
		Bomba de lodos	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0,1	0,1	0,104	0,078		
		SISTEMA DE LUBRICACIÓN													
		Bomba de lubricación del eje de cola	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	1	1	0,52	0,39		
		SISTEMA DE AGUA SALADA													
		Bombas de agua salada	5	2	10	4%	10,4	0,8	0,5	0,4	0,2	2,08	1,56		
		SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO													
		Compresores de aire de arranque	13,2	2	26,4	4%	27,456	0,8	0,5	0,5	0,25	6,864	5,148		
		Compresor de emergencia – Servicios en CM	5,5	1	5,5	4%	5,72	0,8	1	0,1	0,1	0,572	0,429		
		VENTILACIÓN DE ESPACIOS MÁQUINAS													
		Ventiladores de Cámara de Máquinas	3,2	2	6,4	4%	6,656	0,8	0,5	1	0,5	3,328	2,496		
		Extractores de Cámara de Máquinas	3,2	2	6,4	4%	6,656	0,8	0,5	1	0,5	3,328	2,496		
		Ventiladores local servomotor del timón	0,16	2	0,32	4%	0,3328	0,8	0,5	1	0,5	0,1664	0,1248		
		Extractores local servomotor del timón	0,16	2	0,32	4%	0,3328	0,8	0,5	1	0,5	0,1664	0,1248		
		SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS													
		Bombas de achique de sentinas	3,3	2	6,6	4%	6,864	0,8	0,5	0	0	0	0		
		Bomba de achique de bodega de carga	0	1	0	4%	0	0,8	1	0	0	0	0		
		Bomba de achique de la caja de cadenas	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0,1	0,1	0,104	0,078		
		Bomba de descarga de aguas negras / grises	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0	0	0	0		
		SERVICIO DE LASTRE													
		Bombas de lastre	4,11	2	8,22	4%	8,5488	0,8	0,5	0	0	0	0		
		EQUIPO DE BALDEO Y CI													
		Bombas CI	9,75	2	19,5	4%	20,28	0,8	0,5	0,1	0,05	1,014	0,7605		
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA I : AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN Y SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS											18,999	14,249			

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 2: ENTRADA - SALIDA DE PUERTO / MANIOBRA					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA	CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos φ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)	
II	AUXILIARES NECESARIOS A LA NAVEGACIÓN	EQUIPO DE GOBIERNO											
		Accionamiento hidráulico servomotor del timón	7,2	1	7,2	4%	7,488	0,8	1	0,25	0,25	1,872	1,404
		SERVICIOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES											
		Girocompás	0,5	2	1	4%	1,04	0,8	0,5	1	0,5	0,52	0,39
		Repetidor de rumbo	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	1	1	0,52	0,39
		Autopiloto	0,75	1	0,75	4%	0,78	0,8	1	1	1	0,78	0,585
		Visualizador de cartas	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	1	1	0,208	0,156
		Receptor del sistema mundial de navegación	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	1	1	0,208	0,156
		Radar ARPA nº 1	0,8	2	1,6	4%	1,664	0,8	0,5	1	0,5	0,832	0,624
		Ecosonda	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
		Lámpara de señales eléctrica	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	1	1	0,52	0,39
		Sistema LRIT	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
		Registrador RDT	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
		COMUNICACIONES EXTERIORES											
		Instalación radioeléctrica de ondas métricas	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078
		Instalación radioeléctrica para escucha continua de LSD	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078
		Receptor Navtex	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078
		Servicio INMARSAT	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	1	1	0,208	0,156
BALANCE ELÉCTRICO DE CONSUMIDORES DE CATEGORÍA II : AUXILIARES NECESARIOS A LA NAVEGACIÓN											6,916	5,187	

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 2: ENTRADA - SALIDA DE PUERTO / MANIOBRA					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA		CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos ϕ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)
III	ALUMBRADO	ALUMBRADO INTERIOR											
		Alumbrado de zonas comunes y privadas	0,7	1	0,7	4%	0,728	0,8	1	0,5	0,5	0,364	0,273
		Alumbrado interior de emergencia	0,64	1	0,64	4%	0,6656	0,8	1	0	0	0	0
		ALUMBRADO EXTERIOR											
		Iluminación de pasillos exteriores en cubierta principal	0,48	1	0,48	4%	0,4992	0,8	1	0,2	0,2	0,09984	0,07488
		Iluminación de pasillos exteriores en cubierta de puente	0,24	1	0,24	4%	0,2496	0,8	1	0,2	0,2	0,04992	0,03744
		Zona de salvamento. Estación de balsas nº 1	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,2	0,2	0,0624	0,0468
		Zona de salvamento. Estación de balsas nº 2	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,2	0,2	0,0624	0,0468
		Zona de salvamento. Estación de bote de rescate	0,4	1	0,4	4%	0,416	0,8	1	0,2	0,2	0,0832	0,0624
		Zona de acceso al buque: portalón de Br	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de acceso al buque: portalón de Er	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Cubierta principal en zona de carga	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de amarre y fondeo proa	0,8	1	0,8	4%	0,832	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de amarre y fondeo popa	0,4	1	0,4	4%	0,416	0,8	1	0	0	0	0
		Focos de iluminación general para vigilancia Cbta	1,4	1	1,4	4%	1,456	0,8	1	0	0	0	0

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



III	ALUMBRADO	LUCES DE NAVEGACIÓN											
		Luz de tope	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		Luz de costado Br	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		Luz de alcance	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		Luz de costado Er	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		Luz de remolque	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Luz todo horizonte	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		Luz centelleante	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117

BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA III :  
ALUMBRADO

1,658

1,243

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 2: ENTRADA - SALIDA DE PUERTO / MANIOBRA					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA	CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos ϕ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)	
IV	APARATOS DE FUERZA, CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN EN LA HABILITACIÓN	COCINA – GAMBUZA											
		Congelador de carne	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Congelador de pescado	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Refrigerador de frutas	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Refrigerador de pescado	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Frigorífico de servicio diario	0,75	1	0,75	4%	0,78	0,8	1	0,3	0,3	0,234	0,1755
		Cocina eléctrica de cuatro parrillas	5	1	5	4%	5,2	0,8	1	0,3	0,3	1,56	1,17
		Horno eléctrico de 100 litros	2,5	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
		Horno de pan	2,5	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
		Marmita eléctrica de 5 litros	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Freidora de 3 litros nº1	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Freidora de 3 litros nº2	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Horno microondas de 30 litros nº1	0,9	1	0,9	4%	0,936	0,8	1	0,3	0,3	0,2808	0,2106
		Horno microondas de 30 litros nº2	0,9	1	0,9	4%	0,936	0,8	1	0,3	0,3	0,2808	0,2106
		Amasadora de 20 litros	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0,3	0,3	0,312	0,234
		Molinillo de café	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,3	0,3	0,468	0,351
		Cafetera eléctrica	2,5	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
		Termo para leche	1,2	1	1,2	4%	1,248	0,8	1	0,3	0,3	0,3744	0,2808
		Lavavajillas nº 1	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Lavavajillas nº 2	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Fuente fría	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Frigoríficos tripulación	1,4	1	1,4	4%	1,456	0,8	1	0,3	0,3	0,4368	0,3276

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



IV	APARATOS DE FUERZA, CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN EN LA HABILITACIÓN	HVAC											
		Ventilador Puente	0,22	1	0,22	4%	0,2288	0,8	1	0,3	0,3	0,06864	0,05148
		Extractor Puente	0,22	1	0,22	4%	0,2288	0,8	1	0,3	0,3	0,06864	0,05148
		Ventilador Cocina	1,73	1	1,73	4%	1,7992	0,8	1	0,3	0,3	0,53976	0,40482
		Extractor Cocina	1,73	1	1,73	4%	1,7992	0,8	1	0,3	0,3	0,53976	0,40482
		Extractor de habitación nº 1	1,35	1	1,35	4%	1,404	0,8	1	0,3	0,3	0,4212	0,3159
		Extractor de habitación nº 2	1,35	1	1,35	4%	1,404	0,8	1	0,3	0,3	0,4212	0,3159
		Batería de resistencias de calefacción de camarotes	7,66	1	7,66	4%	7,9664	0,8	1	0,3	0,3	2,38992	1,79244
		Máquina climatizadora	20,724	1	20,724	4%	21,55296	0,8	1	0,3	0,3	6,465888	4,849416
		LAVANDERÍA											
		Lavadora industrial nº 1	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,2	0,2	0,416	0,312
		Lavadora industrial nº 2	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,2	0,2	0,416	0,312
		Secadora industrial nº 1	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,2	0,2	0,312	0,234
		Secadora industrial nº 2	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,2	0,2	0,312	0,234
		Lavadora de tripulación nº 1	0,6	1	0,6	4%	0,624	0,8	1	0,2	0,2	0,1248	0,0936
		Lavadora de tripulación nº 2	0,6	1	0,6	4%	0,624	0,8	1	0,2	0,2	0,1248	0,0936
		Secadora de tripulación	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,2	0,2	0,104	0,078
		Planchas de tripulación nº 1	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0,2	0,2	0,0416	0,0312
		Planchas de tripulación nº 2	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0,2	0,2	0,0416	0,0312
		ENTRETENIMIENTO											
		Televisores y equipos DVD	1,6	1	1,6	4%	1,664	0,8	1	0,2	0,2	0,3328	0,2496

BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA IV : APARATOS DE FUERZA, CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN EN LA HABILITACIÓN	23,327	17,496
--	--------	--------

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 2: ENTRADA - SALIDA DE PUERTO / MANIOBRA					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA	CONSUMIDOR		POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos ϕ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)
V	OTROS SISTEMAS AUXILIARES DEL BUQUE	EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO											
		Accionamiento hidráulico del molinete	16,01	1	16,01	4%	16,6504	0,8	1	0	0	0	0
		Winch de popa	11,38	1	11,38	4%	11,8352	0,8	1	0	0	0	0
		SISTEMA DE AGUA DULCE											
		Evaporador	21	1	21	4%	21,84	0,8	1	0,5	0,5	10,92	8,19
		SERVICIO DE ELEVACIÓN Y ACCESO											
		Grúa de cubierta Br	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0	0	0	0
		Grúa de cubierta Er	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0	0	0	0
		Polipasto CM	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0	0	0	0
		COMUNICACIONES INTERIORES											
		Telégrafo de órdenes	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
		Sistema de avisos generales	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	0,5	0,5	0,052	0,039

BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA V : OTROS SISTEMAS AUXILIARES DEL BUQUE	11,284	8,463
---	--------	-------

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



## **CONDICIÓN 3: ESTANCIA EN PUERTO / CARGA Y DESCARGA**

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 3: ESTANCIA EN PUERTO / CARGA - DESCARGA							
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVI. Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA			
CATEGORÍA		CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA RECEPTORES Kw	FACTOR DE POTENCIA Cos φ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)		
I	AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN Y SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS	SISTEMA DE COMBUSTIBLE													
		Bomba de trasiego DO	3,23	2	6,46	4%	6,7184	0,8	0,5	0,1	0,05	0,33592	0,25194		
		Purificadora DO	0,8	1	0,8	4%	0,832	0,8	1	0	0	0	0		
		Bomba de lodos	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0,25	0,25	0,26	0,195		
		SISTEMA DE LUBRICACIÓN													
		Bomba de lubricación del eje de cola	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0	0	0	0		
		SISTEMA DE AGUA SALADA													
		Bombas de agua salada	5	2	10	4%	10,4	0,8	0,5	0,25	0,125	1,3	0,975		
		SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO													
		Compresores de aire de arranque	13,2	2	26,4	4%	27,456	0,8	0,5	0	0	0	0		
		Compresor de emergencia – Servicios en CM	5,5	1	5,5	4%	5,72	0,8	1	0,1	0,1	0,572	0,429		
		VENTILACIÓN DE ESPACIOS MÁQUINAS													
		Ventiladores de Cámara de Máquinas	3,2	2	6,4	4%	6,656	0,8	0,5	0,2	0,1	0,6656	0,4992		
		Extractores de Cámara de Máquinas	3,2	2	6,4	4%	6,656	0,8	0,5	0,2	0,1	0,6656	0,4992		
		Ventiladores local servomotor del timón	0,16	2	0,32	4%	0,3328	0,8	0,5	0,2	0,1	0,03328	0,02496		
		Extractores local servomotor del timón	0,16	2	0,32	4%	0,3328	0,8	0,5	0,2	0,1	0,03328	0,02496		
		SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS													
		Bombas de achique de sentinas	3,3	2	6,6	4%	6,864	0,8	0,5	0,1	0,05	0,3432	0,2574		
		Bomba de achique de bodega de carga	0	1	0	4%	0	0,8	1	0,1	0,1	0	0		
		Bomba de achique de la caja de cadenas	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0	0	0	0		
		Bomba de descarga de aguas negras y grises	1	1	1	4%	1,04	0,8	1	0,2	0,2	0,208	0,156		
		SERVICIO DE LASTRE													
		Bombas de lastre	4,11	2	8,22	4%	8,5488	0,8	0,5	0,4	0,2	1,70976	1,28232		
		EQUIPO DE BALDEO Y CI													
		Bombas CI	9,75	2	19,5	4%	20,28	0,8	0,5	0	0	0	0	0	
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA I : AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN Y SERVICIOS DE CÁMARA DE MÁQUINAS												6,127	4,595		

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 3: ESTANCIA EN PUERTO / CARGA - DESCARGA					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA		CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos φ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)
II	AUXILIARES NECESARIOS A LA NAVEGACIÓN	EQUIPO DE GOBIERNO											
		Accionamiento hidráulico servo del timón	7,2	1	7,2	4%	7,488	0,8	1	0	0	0	0
		SERVICIOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES											
		Girocompás	0,5	2	1	4%	1,04	0,8	0,5	0	0	0	0
		Repetidor de rumbo	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0	0	0	0
		Autopiloto	0,75	1	0,75	4%	0,78	0,8	1	0	0	0	0
		Visualizador de cartas	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0	0	0	0
		Receptor del sistema mundial de navegación	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0	0	0	0
		Radar ARPA nº 1	0,8	2	1,6	4%	1,664	0,8	0,5	0	0	0	0
		Ecosonda	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Lámpara de señales eléctrica	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0	0	0	0
		Sistema LRIT	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Registrador RDT	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		COMUNICACIONES EXTERIORES											
		Instalación radioeléctrica de ondas métricas	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	0	0	0	0
		Instalación radioeléctrica para escucha continua de LSD	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	0	0	0	0
		Receptor Navtex	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	0	0	0	0
		Servicio INMARSAT	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0	0	0	0
		BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA II : AUXILIARES NECESARIOS A LA NAVEGACIÓN											0

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 3: ESTANCIA EN PUERTO / CARGA - DESCARGA					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA		CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos ϕ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)
III	ALUMBRADO	ALUMBRADO INTERIOR											
		Alumbrado de zonas comunes y privadas	0,7	1	0,7	4%	0,728	0,8	1	1	1	0,728	0,546
		Alumbrado interior de emergencia	0,64	1	0,64	4%	0,6656	0,8	1	0,1	0,1	0,06656	0,04992
		ALUMBRADO EXTERIOR											
		Iluminación de pasillos exteriores en cubierta principal	0,48	1	0,48	4%	0,4992	0,8	1	0,5	0,5	0,2496	0,1872
		Iluminación de pasillos exteriores en cubierta de puente	0,24	1	0,24	4%	0,2496	0,8	1	0,5	0,5	0,1248	0,0936
		Zona de salvamento. Estación de balsas nº 1	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de salvamento. Estación de balsas nº 2	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de salvamento. Estación de bote de rescate	0,4	1	0,4	4%	0,416	0,8	1	0	0	0	0
		Zona de acceso al buque: portalón de Br	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0,5	0,5	0,156	0,117
		Zona de acceso al buque: portalón de Er	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Cubierta principal en zona de carga	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,5	0,5	1,04	0,78
		Zona de amarre y fondeo proa	0,8	1	0,8	4%	0,832	0,8	1	0,1	0,1	0,0832	0,0624
		Zona de amarre y fondeo popa	0,4	1	0,4	4%	0,416	0,8	1	0,1	0,1	0,0416	0,0312
		Focos de iluminación general para vigilancia Cbta	1,4	1	1,4	4%	1,456	0,8	1	0,5	0,5	0,728	0,546

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



III	ALUMBRADO	LUCES DE NAVEGACIÓN											
		Luz de tope	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Luz de costado Br	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Luz de alcance	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Luz de costado Er	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Luz de remolque	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Luz todo horizonte	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Luz centelleante	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0

BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA III : ALUMBRADO	3,218	2,413
---	-------	-------

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Planta Eléctrica



								CONDICIÓN 3: ESTANCIA EN PUERTO / CARGA - DESCARGA				
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA
CATEGORÍA	CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos $\phi$	$K_N$	$K_{SR}$	$K_U$	P (Kw)	Q(kVAR)
IV	APARATOS DE FUERZA, CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN EN LA HABILITACIÓN	COCINA – GAMBUZA										
		Congelador de carne	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Congelador de pescado	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Refrigerador de frutas	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Refrigerador de pescado	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Frigorífico de servicio diario	1	0,75	4%	0,78	0,8	1	0,3	0,3	0,234	0,1755
		Cocina eléctrica de cuatro parrillas	1	5	4%	5,2	0,8	1	0,3	0,3	1,56	1,17
		Horno eléctrico de 100 litros	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
		Horno de pan	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
		Marmita eléctrica de 5 litros	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Freidora de 3 litros n°1	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Freidora de 3 litros n°2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Horno microondas de 30 litros n°1	1	0,9	4%	0,936	0,8	1	0,3	0,3	0,2808	0,2106
		Horno microondas de 30 litros n°2	1	0,9	4%	0,936	0,8	1	0,3	0,3	0,2808	0,2106
		Amasadora de 20 litros	1	1	4%	1,04	0,8	1	0,3	0,3	0,312	0,234
		Molinillo de café	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,3	0,3	0,468	0,351
		Cafetera eléctrica	1	2,5	4%	2,6	0,8	1	0,3	0,3	0,78	0,585
		Termo para leche	1	1,2	4%	1,248	0,8	1	0,3	0,3	0,3744	0,2808
		Lavavajillas n° 1	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Lavavajillas n° 2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,3	0,3	0,624	0,468
		Fuente fría	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,3	0,3	0,156	0,117
		Frigoríficos tripulación	1	1,4	4%	1,456	0,8	1	0,3	0,3	0,4368	0,3276

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



IV	APARATOS DE FUERZA, CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN EN LA HABILITACIÓN	HVAC											
		Ventilador Puente	0,22	1	0,22	4%	0,2288	0,8	1	0,1	0,1	0,02288	0,01716
		Extractor Puente	0,22	1	0,22	4%	0,2288	0,8	1	0,1	0,1	0,02288	0,01716
		Ventilador Cocina	1,73	1	1,73	4%	1,7992	0,8	1	0,3	0,3	0,53976	0,40482
		Extractor Cocina	1,73	1	1,73	4%	1,7992	0,8	1	0,3	0,3	0,53976	0,40482
		Extractor de habitación nº 1	1,35	1	1,35	4%	1,404	0,8	1	0,3	0,3	0,4212	0,3159
		Extractor de habitación nº 2	1,35	1	1,35	4%	1,404	0,8	1	0,3	0,3	0,4212	0,3159
		Batería de resistencias de calefacción de camarotes	7,66	1	7,66	4%	7,9664	0,8	1	0,3	0,3	2,38992	1,79244
		Máquina climatizadora	20,724	1	20,724	4%	21,55296	0,8	1	0,3	0,3	6,465888	4,849416
		LAVANDERÍA											
		Lavadora industrial nº 1	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,1	0,1	0,208	0,156
		Lavadora industrial nº 2	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,1	0,1	0,208	0,156
		Secadora industrial nº 1	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,1	0,1	0,156	0,117
		Secadora industrial nº 2	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,1	0,1	0,156	0,117
		Lavadora de tripulación nº 1	0,6	1	0,6	4%	0,624	0,8	1	0,1	0,1	0,0624	0,0468
		Lavadora de tripulación nº 2	0,6	1	0,6	4%	0,624	0,8	1	0,1	0,1	0,0624	0,0468
		Secadora de tripulación	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	0,1	0,1	0,052	0,039
		Planchas de tripulación nº 1	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0,1	0,1	0,0208	0,0156
		Planchas de tripulación nº 2	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	0,1	0,1	0,0208	0,0156
		ENTRETENIMIENTO											
		Televisores y equipos DVD	1,6	1	1,6	4%	1,664	0,8	1	0,1	0,1	0,1664	0,1248

BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA IV : APARATOS DE FUERZA, CALEFACCIÓN Y VENTILACIÓN EN LA HABILITACIÓN	22,123	16,592
---	--------	--------

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez



								CONDICIÓN 3: ESTANCIA EN PUERTO / CARGA - DESCARGA					
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA	
CATEGORÍA		CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW	FACTOR DE POTENCIA Cos ϕ	K <sub>N</sub>	K <sub>SR</sub>	K <sub>U</sub>	P (Kw)	Q(kVAR)
V	OTROS SISTEMAS AUXILIARES DEL BUQUE	EQUIPO DE AMARRE Y FONDEO											
		Accionamiento hidráulico del molinete	16,01	1	16,01	4%	16,6504	0,8	1	0,25	0,25	4,1626	3,12195
		Winch de popa	11,38	1	11,38	4%	11,8352	0,8	1	0,25	0,25	2,9588	2,2191
		SISTEMA DE AGUA DULCE											
		Evaporador	21	1	21	4%	21,84	0,8	1	0,5	0,5	10,92	8,19
		SERVICIO DE ELEVACIÓN Y ACCESO											
		Grúa de cubierta Br	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,25	0,25	0,39	0,2925
		Grúa de cubierta Er	1,5	1	1,5	4%	1,56	0,8	1	0,25	0,25	0,39	0,2925
		Polipasto CM	2	1	2	4%	2,08	0,8	1	0,25	0,25	0,52	0,39
		COMUNICACIONES INTERIORES											
		Telégrafo de órdenes	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	0	0	0	0
		Sistema de avisos generales	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078
BALANCE ELÉCTRICO DE COSNUMIDORES DE CATEGORÍA V : OTROS SISTEMAS AUXILIARES DEL BUQUE												19,4454	14,58405

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## CONDICIÓN DE EMERGENCIA

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

Buque Costero de Carga General

Planta Eléctrica



								CONDICION DE EMERGENCIA				
								FACTOR DE SIMULTANEIDAD DE MARCHA	FACTOR DE SERVICIO Y RÉGIMEN	FACTOR DE UTILIZACIÓN	POTENCIA DEMANDADA	POTENCIA REACTIVA
CATEGORÍA	CONSUMIDOR	POTENCIA NOMINAL UNITARIA kW	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA NOMINAL TOTAL kW	FACTOR DE PÉRDIDAS DE DISTRIBUCIÓN	POTENCIA TOTAL INSTALADA DE RECEPTORES kW (Pd)	FACTOR DE POTENCIA Cos $\phi$	$K_N$	$K_{SR}$	$K_U$	P (Kw)	Q(kVAR)
CONDICIÓN DE EMERGENCIA	ALUMBRADO INTERIOR											
	Alumbrado interior de emergencia	0,64	1	0,64	4%	0,666	0,8	1	1	1	0,666	0,499
	LUCES DE NAVEGACIÓN											
	Luz de tope	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Luz de costado Br	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Luz de alcance	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Luz de costado Er	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Luz de remolque	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Luz todo horizonte	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Luz centelleante	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	COMUNICACIONES INTERIORES											
	Telégrafo de órdenes	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Sistema de avisos generales	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078
	SERVICIOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES											
	Girocompás	0,5	2	1	4%	1,04	0,8	1	1	1	1,04	0,78
	Repetidor de rumbo	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	1	1	0,52	0,39
	Autopiloto	0,75	1	0,75	4%	0,78	0,8	1	1	1	0,78	0,585
	Visualizador de cartas	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	1	1	0,208	0,156
	Receptor del sistema mundial de navegación	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	1	1	0,208	0,156
	Radar ARPA nº 1	0,8	2	1,6	4%	1,664	0,8	1	1	1	1,664	1,248
	Ecosonda	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Lámpara de señales eléctrica	0,5	1	0,5	4%	0,52	0,8	1	1	1	0,52	0,39
	Sistema LRIT	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234
	Registrador RDT	0,3	1	0,3	4%	0,312	0,8	1	1	1	0,312	0,234

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez





CONDICIÓN DE EMERGENCIA	EQUIPO DE BALDEO Y CI												
	Bombas CI	9,75	1	9,75	4%	10,14	0,8	1	1	1	10,14	7,605	
	COMUNICACIONES EXTERIORES												
	Instalación radioeléctrica de ondas métricas	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078	
	Instalación radioeléctrica para escucha continua de LSD	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078	
	Receptor Navtex	0,1	1	0,1	4%	0,104	0,8	1	1	1	0,104	0,078	
	Servicio INMARSAT	0,2	1	0,2	4%	0,208	0,8	1	1	1	0,208	0,156	

CONDICIÓN DE EMERGENCIA	19,802	14,851
-------------------------	--------	--------



## **ANEXO II**

### **PLANO ELÉCTRICO DEL CUADRO PRINCIPAL DEL BUQUE**

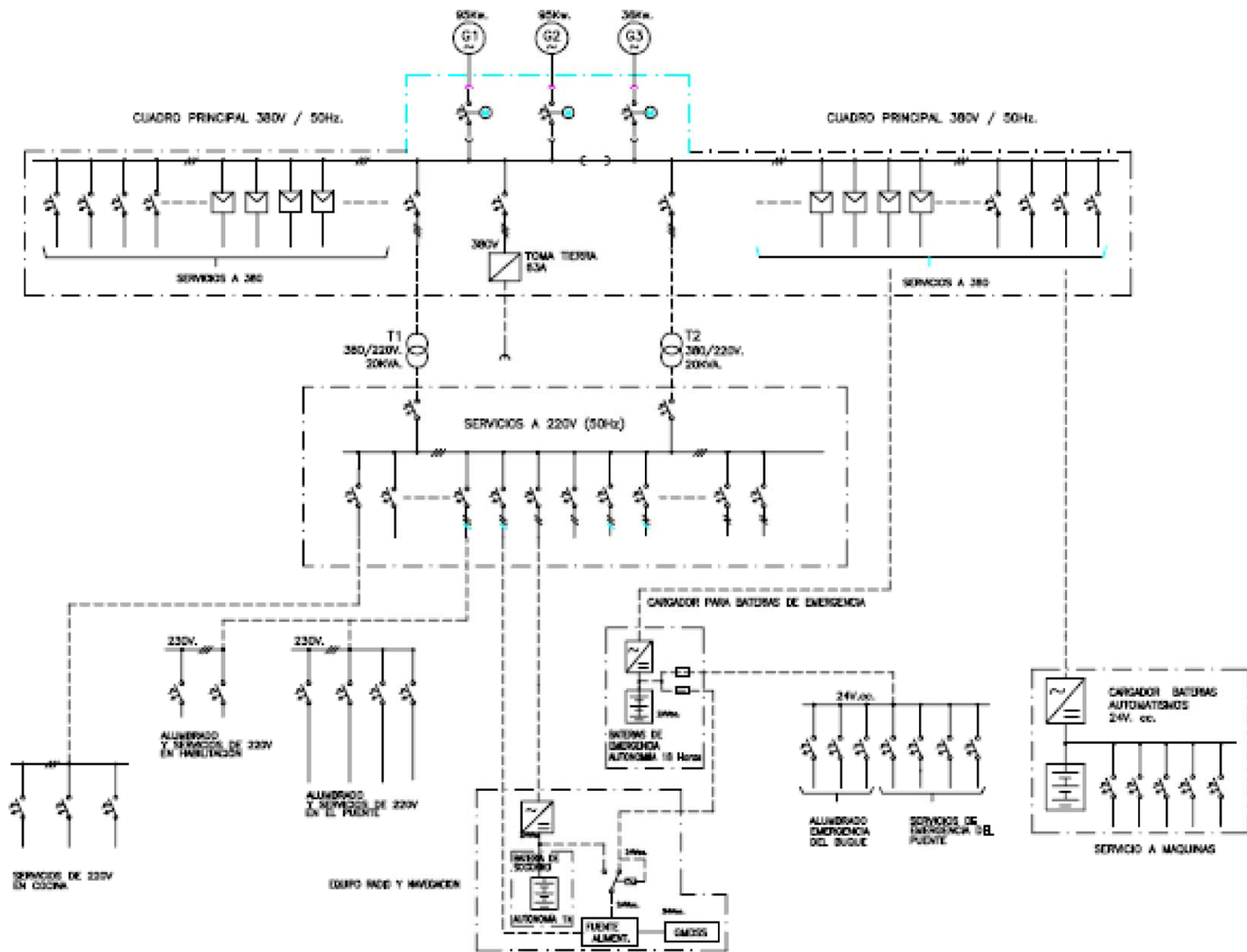
1. Plano PFC 14: Unifilar del cuadro principal

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE DE CARGA GENERAL

DIBUJADO POR:	FECHA	TÍTULO DEL PLANO	REV
F. Arrazola	08/06/2014	UNIFILAR CUADRO PRINCIPAL	1
COMPROBADO POR:	FECHA	SIZE Nº DE PLANO	
F. Arrazola	18/06/2014	A3 PFC - 14	
DISEÑADO POR:	FECHA	ESCALA	PESO(kg)
F. Arrazola	01/06/2014		
		HOJA	1/1

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES  
Y  
OCEÁNICOS**



**PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE COSTERO DE CARGA GENERAL**

**VOLUMEN 3**

**ESTRUCTURA DEL BUQUE**

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Estructura del Buque***



El volumen 3 define la estructura del buque que, de acuerdo con la Filosofía del Proyecto, se basa fundamentalmente en el diseño de un buque cuyo desplazamiento en rosca resulte mínimo

Comprende tres capítulos, los cuales se corresponden cada uno de ellos con un Cuaderno de Proyecto, de la siguiente manera:

- Capítulo 3.1: Cuaderno 6, Resistencia estructural
- Capítulo 3.2: Cuaderno 8, Pesos y CDG del buque en rosca
- Capítulo 3.3: Cuaderno 9, Situaciones de carga y resistencia longitudinal

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*

# **Buque Costero de Carga General**

## **Estructura del Buque**



## INTRODUCCIÓN

En el presente volumen se procederá al cálculo de la estructura y a la validación de los cálculos previos.

En el capítulo 3.1, se lleva a cabo un proceso de cálculo estructural según los reglamentos de la sociedad de clasificación

En el capítulo 3.2, se hace un cálculo más detallado del desplazamiento en rosca que el que se hizo en el primer capítulo en la fase de dimensionamiento previo. Como consecuencia se fijan tanto el desplazamiento en rosca como las coordenadas del cdg del Buque Proyecto en esta condición.

Finalmente, en el capítulo 3.3, conocidos los pesos y su distribución a bordo se efectúa una validación del diseño, tanto desde el punto de vista de la estabilidad como desde el de la resistencia longitudinal

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



Capítulo

3.1

# CAPÍTULO 3.1

## Resistencia estructural

*Se procede en este capítulo al cálculo de las  
características de la estructura  
así como de la verificación  
de su idoneidad según los requisitos de DnV*



## 1.- CRITERIOS DE CÁLCULO

El cálculo de la estructura se efectuará siguiendo las recomendaciones de la sociedad de calificación DnV contenidas en sus reglas “RULES FOR CLASSIFICATION OF Ships PART 3 CHAPTER 2” denominadas “NEWBUILDINGS HULL AND EQUIPMENT – MAIN CLASS Hull Structural Design, Ships with Length Less than 100 metres”. No se efectuará análisis específico del comportamiento de la estructura a torsión, ya que para buques menores de 100m que no son portacontenedores, según la regla de DnV A106 contenida en la Part 3 Chapter 2, Section 4 de las reglas citadas en el párrafo anterior la manga de la escotilla de la bodega es inferior al 65% de la manga de la bodega.

Los escantillonados se obtendrán por aplicación de las ecuaciones contenidas en las reglas, añadiendo a cada elemento estructural el correspondiente incremento de espesor para protección por corrosión recomendado por la sociedad de clasificación según especificaciones recogidas en la tabla D1 presentada en la sección D de las citadas reglas.

Todos los resultados obtenidos se redondearán por encima hasta el primer valor correspondiente con los valores de espesor de las chapas comerciales, es decir todos los decimales se redondearán por encima hasta el primer número entero. Una vez obtenidos los espesores de los diferentes elementos estructurales se efectuará una comprobación del módulo resistente mínimo y del momento de inercia mínimo requerido por los reglamentos a la sección maestra; efectuando las correcciones convenientes en caso de ser necesario.

Se ejecutarán los cálculos siguiendo las dimensiones de la estructura que quedaron fijadas en el capítulo 1.3 en el que se detalla la disposición general del buque y su estructura.

## 2.- JUSTIFICACIÓN DE MATERIALES

La selección de materiales se efectuará de acuerdo con las reglas de DnV, RULES FOR CLASSIFICATION OF Ships PART 2 CHAPTER 2” denominadas “NEWBUILDINGS MATERIALS AND WELDING Metallic Materials”

Para la construcción de la estructura del buque, habida cuenta de que no se prevén espesores superiores a 50 mm, se empleará acero de calidad naval clase A; cuyo límite elástico será no inferior a 235 N/mm<sup>2</sup>

## 3.- CÁLCULOS DE RESISTENCIA GENERAL

Los cálculos estructurales se ordenarán siguiendo la estructura de trabajo de las reglas del DnV, comenzando por el fondo, continuando con los costados y cubierta y finalizando con los mamparos y las superestructuras.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





Las dimensiones del buque quedaron fijadas en el capítulo 1.1 correspondiente al dimensionamiento, las cuales son:

DIMENSIÓN	VALOR
Eslora entre perpendiculares	50 m
Eslora total	54,98 m
Manga en de trazado	9,30 m
Puntal de trazado	5,40 m
Calado	3,50 m
Francobordo	2,00 m
Puntal de bodega	4,3 m
Puntal del D/F	1,1 m
Desplazamiento en rosca	426,95 t
Peso muerto	760,655 t
Desplazamiento total a plena carga	1.187,60 t

Tabla V1/C1-T15: Dimensiones y características del Buque Proyecto  
Fuente: elaboración propia

### 3.1.- Estructura del fondo

Los longitudinales de fondo y doble fondo serán continuos a través de las secciones transversales dentro de la zona  $0,5L$  a partir de la sección maestra.

#### 3.1.1.- Tracas de quilla y aparadura

Las tracas que configuran la quilla y las dos tracas de aparadura recorrerán toda la eslora del buque, según especifica la regla C100.

Su anchura no será inferior a:

$$b = 800 + 5L = 800 + 5 \cdot 50 = 1.050 \text{ mm}$$

Análogamente, el espesor " $t_1$ " de las tracas será de:

$$t_1 = 7,0 + 0,05L + t_K = 9,5 + 3 = 12,5 \text{ mm}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Se ha tomado un sobre espesor para protección por corrosión  $t_k = 3$  mm según recomienda la tabla D1.

Ajustando a valores resulta:

$$t_1 = 13 \text{ mm}$$

### 3.1.2.- Tracas de fondo

Análogamente, el espesor “ $t_2$ ” de las tracas para resistir la presión lateral será de:

$$t_2 = \frac{15,8 \cdot k_A \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_K \text{ (mm)}$$

Siendo:

$K_A$ : Factor de corrección por relación de aspecto de la chapa. Se adopta el valor máximo según regla A200 section 5

$s$ : Separación entre refuerzos longitudinales  $s = 600$  mm

$p$ : Presión en el interior del doble fondo. Según regla B101 se toma  $p = \rho \cdot g \cdot h$ , tomando como  $h$  la altura total del doble fondo,  $h = 1,1$  m y  $\rho$  de agua salada  $\rho = 1.025 \text{ kg/m}^3$ .  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .  
Por tanto  $p = 11.060 \text{ N/m}^2 = 1,106 \cdot 10^{-5} \text{ kN/mm}^2$

$\sigma$ : Se toma el valor  $\sigma = 120$  según tabla C1 Section 5

Se ha tomado un sobre espesor para protección por corrosión  $t_k = 3$  mm según recomienda la tabla D1.

Por tanto:

$$t_2 = 6,15 \text{ (mm)}$$

Según la regla C202 Section 5, el espesor mínimo no deberá ser inferior a:

$$t_2 = 5,0 + 0,04L + t_K = 7 + 3 = 10 \text{ mm}$$

Se adopta pues el espesor de 10 mm para las tracas de fondo.

$$t_2 = 10 \text{ mm}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.1.3.- Traca del pantoque

Siguiendo el cálculo análogo al efectuado para las tracas de fondo y según la regla C201 Section 5 se toma como espesor del forro en las tracas del pantoque:

$$t_3 = 10 \text{ mm}$$

el pantoque no dispondrá de refuerzos longitudinales

### 3.1.4.- Tracas de doble fondo

Las tracas de doble fondo son las tracas que constituyen el techo del doble fondo, que coincide con el plan de bodega.

Según la regla C300 Section 5

$$t_4 = \frac{15,8 \cdot k_A \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_K \text{ (mm)}$$

Siendo:

$K_A$ : Factor de corrección por relación de aspecto de la chapa. Se adopta el valor máximo según regla A200 section 5

$s$ : Separación entre refuerzos longitudinales  $s = 600 \text{ mm}$

$p$ :  $p_3 - p_9$  según tabla B1

$p_3 = 1,3 \rho_c \cdot g \cdot H_C$  siendo  $\rho_c$  y  $H_C$  la densidad y la altura de la carga en bodegas respectivamente.

En el epígrafe 5.1. del capítulo 1.1 al hacer el dimensionamiento de la bodega del buque para mantener la capacidad de carga requerida por el armador se llegó a la conclusión de que la condición de transporte standard se asociaba a la condición de plena carga homogénea, cuyo peso específico es de  $\rho_c = 0,642 \text{ t/m}^3$  con una altura de bodega  $H_C = 4,3 \text{ m}$

$p_9 = 10 \cdot T$  donde  $T$  es el calado de escantillonado, que en este caso se tomará un 10% superior al calado medio de trazado de verano, es decir:

$$T = 1,1 \cdot 3,5 \text{ m} = 3,85 \text{ m}$$

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



$\sigma$ : 140

$t_k$  Se tomarán 3 mm como resguardo de corrosión, debido a la situación contigua a los tanques de lastre

Sustituyendo y operando, incluyendo un resguardo para corrosión  $t_k = 3$  mm, resulta:

$$t_4 = 7, 14 \text{ mm}$$

Según la Regla 302 Section 5, el espesor de las tracas del techo de doble fondo no deberá ser inferior a:

$$t_4 = t_0 + 0,03L + t_K \text{ (mm)}$$

Siendo  $t_0 = 7$  bajo las escotillas de carga.

$$t_4 = 11,5 \text{ mm}$$

Se toma pues el valor de  $t_4 = 11,5$  mm

Ajustando a valores resulta:

$$t_4 = 12 \text{ mm}$$

### 3.1.5.- Vagras y varengas en el doble fondo

El requerimiento de espesor según la Regla C400 viene dado por:

$$t_5 = \frac{15,8 \cdot k_A \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_K \text{ (mm)}$$

Siendo:

$K_A$ : Factor de corrección por relación de aspecto de la chapa. Se adopta el valor máximo según regla A200 section 5

$s$ : Separación entre refuerzos longitudinales  $s = 600$  mm

$p$ :  $p_9 - p_{11}$  según tabla B1

$p_9 = 10T$  donde  $T$  es el calado de escantillonado, que en este caso se tomará un 10% superior al calado medio de trazado de verano, es decir:

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



$$T = 1,1 \cdot 3,5 \text{ m} = 3,85 \text{ m}$$

$P_{11} = 10 \cdot h_s + p_0$  donde  $h_s$  es la distancia vertical en m desde el punto de carga al techo del tanque y  $p_0 = 0,3 \cdot L - 5 \text{ kN/m}^2$

$\sigma$ : 160

$t_k$  Se tomarán 3 mm como resguardo de corrosión, debido a la situación contigua a los tanques de lastre

Sustituyendo:

$$t_s = 3,84 + 3 = 6,84 \text{ mm}$$

Ajustando a valores resulta:

$$t_s = 7 \text{ mm}$$

### 3.1.6.- Varenga del doble fondo en secciones de bulárcama

El espesor del alma y el ala no será inferior al mayor de los valores dados por:

$$t_{6.1} = 4,5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t_{6.2} = 1,5 + \frac{h_w \cdot \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Siendo:

$$k = 0,015 L$$

$h_w$  = altura del alma en mm. En este caso es la altura del D/F = 1.100 mm

$g = 22$  para perfiles planos

$f_1 = 1$  factor del material. Al ser acero naval A, según la Regla B203 Section 2

Se tomará  $t_k = 3 \text{ mm}$

Por tanto:

$$t_{6.1} = 7,75 \text{ mm}$$

$$t_{6.2} = 4,55 \text{ mm}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Se tomará el valor  $t_{6.1} = 7,75$  mm

Redondeando al primer valor entero resulta:

$$t_6 = 8 \text{ mm}$$

### 3.1.7.- Longitudinales de fondo

El espesor del perfil no será inferior al mayor de los valores dados por:

$$t_{7.1} = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t_{7.2} = 1,5 + \frac{h_w \cdot \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Siendo:

$$k = 0.015 L$$

$h_w$  = altura del alma en mm. En este caso es la altura del D/F = 1.100 mm

$$g = 75$$

$f_1 = 1$  factor del material. Al ser acero naval A, según la Regla B203 Section 2

Se tomará  $t_k = 3$  mm

Por tanto:

$$t_{7.1} = 7,75 \text{ mm}$$

$$t_{7.2} = 4.51 \text{ mm}$$

Se tomará el valor  $t_{7.1} = 7,75$  mm

Redondeando al primer valor entero resulta:

$$t_7 = 8 \text{ mm}$$

Se toma un perfil HP 100x8

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.1.8.- Longitudinales de doble fondo

Los longitudinales de doble fondo tienen los mismos requerimientos de módulo que los longitudinales de fondo, por lo que se seleccionarán de idéntico espesor y características.

$$t_8 = 8 \text{ mm}$$

### 3.1.9.- Refuerzos verticales en vagras y varengas

El espesor del alma y el ala no será inferior al mayor de los valores dados por:

$$t_{9,1} = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t_{9,2} = 1.5 + \frac{h_w \cdot \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Siendo:

$$k = 0.015 L$$

$h_w$  = altura del alma en mm. En este caso es la altura del D/F = 1.100 mm

$g = 75$  para perfiles L

$f_1 = 1$  factor del material. Al ser acero naval A, según la Regla B203 Section 2

Se tomará  $t_k = 3 \text{ mm}$

Por tanto:

$$t_{9,1} = 7,75 \text{ mm}$$

$$t_{9,2} = 4.51 \text{ mm}$$

Se tomará el valor  $t_{9,1} = 7,75 \text{ mm}$

Redondeando al primer valor entero resulta:

$$t_9 = 8 \text{ mm}$$

Se adopta un perfil tipo llanta de 8 mm de espesor

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.- Estructura del forro

#### 3.2.1.- Tracas laterales del forro

Para el cálculo de las tracas del forro se utilizará según la regla C100 Section 5 la expresión:

$$t_{10} = \frac{15,8 \cdot k_A \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_K \text{ (mm)}$$

Siendo:

$K_A$ : Factor de corrección por relación de aspecto de la chapa. Se adopta el valor  $K_A = 1$  según regla A200 Section 5

$s$ : Separación entre refuerzos longitudinales  $s = 600 \text{ mm}$

$p$ : según tabla C1 Regla C103 Section 5 en  $\text{kN/m}^2$   
Presión de la mar bajo la línea de calado de verano  $p_1 = 10 h_0 + p_{dp}$   
Presión de la mar sobre la línea de calado de verano  $p_2 = (p_{dp} - (4 + 0.2 k_s))$

$\sigma$ : Se toma el valor  $\sigma = 120$  según tabla C1 Section 5

Se ha tomado un sobre espesor para protección por corrosión  $t_k = 3 \text{ mm}$  según recomienda la tabla D1.

Para las tracas de forro bajo la línea del calado de verano resulta:

:

$$t_{10.1} = 6,25 \text{ (mm)}$$

Según la regla C202 Section 5, el espesor mínimo no deberá ser inferior a:

$$t_{10.1} = 5,0 + k \cdot L + t_K = 7 + 3 = 10 \text{ mm}$$

Siendo  $k = 0,04$  según tabla C1 Regla C103 Section 5

Se adopta pues el espesor de 10 mm para las tracas de costado bajo la línea de verano

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





hasta su inserción con el pantoque.

Para las tracas de forro sobre la línea del calado de verano resulta:

:

$$t_{10,2} = 6,05 \text{ (mm)}$$

Según la regla C202 Section 5, el espesor mínimo no deberá ser inferior a:

$$t_{10,2} = 5,0 + k \cdot L + t_k = 5 + 3 = 8 \text{ mm}$$

Siendo  $k = 0$  según tabla C1 Regla C103 Section 5

Se adopta pues el espesor de  $t_{10,2} = 8 \text{ mm}$  para las tracas de costado sobre la línea de verano hasta su inserción con la cubierta, es decir incluyendo la traca de cinta.

$$t_{10} = 8 \text{ mm}$$

### 3.2.2.- Longitudinales de costado

El espesor del alma y el ala no será inferior al mayor de los valores dados por:

$$t_{11,1} = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t_{11,2} = 1,5 + \frac{h_w \cdot \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Siendo:

$$k = 0.01 L$$

$h_w$  = altura del alma en mm. En este caso se toman perfiles HP 80

$$g = 75$$

$f_1 = 1$  factor del material. Al ser acero naval A, según la Regla B203 Section 2

Se tomará  $t_k = 3 \text{ mm}$

Por tanto:

$$t_{11,1} = 8 \text{ mm}$$

$$t_{11,2} = 4.31 \text{ mm}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Se tomará el valor  $t_{11.1} = 8\text{mm}$

$$t_{11} = 8\text{ mm}$$

### 3.3.- Estructura de la cubierta

#### 3.3.1.- Cubierta resistente

Esta cubierta coincide con la cubierta principal, que la mismo tiempo es la cubierta de intemperie y de cierre, ya que es la única cubierta existente sobre el plan de bodega.

Para el cálculo de las tracas de cubierta se utilizará según la regla C100 Section 7 la expresión:

$$t_{10} = \frac{15,8 \cdot k_A \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_K \text{ (mm)}$$

Siendo:

$K_A$ : Factor de corrección por relación de aspecto de la chapa. Se adopta el valor  $K_A = 1$  según regla A200 Section 5

$s$ : Separación entre refuerzos longitudinales  $s = 600\text{ mm}$

$p$ : Según tabla B1 Regla B103 Section 7 en  $\text{kN/m}^2$   
 $p = a (pdp - (4 + 0.2 ks) h_0)$ . Su valor mínimo será 5

$\sigma$ : Se toma el valor  $\sigma = 120$  según tabla C1 Section 7

Se ha tomado un sobre espesor para protección por corrosión  $t_k = 1\text{ mm}$  según recomienda la tabla D1.

Para las tracas de cubierta resulta:

:

$$t_{12.1} = 5,25 \text{ (mm)}$$

El espesor de las tracas de cubierta no será inferior a:

$$t = t_0 + k L + t_k \text{ (mm)}$$

Siendo según la regla C103 Section 7:

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$t_0 = 5.5$  para cubiertas de intemperie  
 $k = 0.02$

$$t_{12,2} = 7,5 \text{ (mm)}$$

Se adopta pues el espesor de  $t_{12,2} = 8 \text{ mm}$  para las tracas de cubierta.

$$t_{12} = 8 \text{ mm}$$

### 3.3.2.- Longitudinales de cubierta

Según la regla C302 Section 7 el espesor del alma y el ala no será inferior al mayor de los valores dados por:

$$t_{13,1} = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t_{13,2} = 1,5 + \frac{h_w \cdot \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Siendo:

$k = 0.01 L$

$h_w$  = altura del alma en mm. En este caso los perfiles son HP 80

$g = 75$

$f_1 = 1$  factor del material. Al ser acero naval A, según la Regla B203 Section 2

Se tomará  $t_k = 2 \text{ mm}$

Por tanto:

$$t_{13,1} = 7 \text{ mm}$$

$$t_{13,2} = 4.1 \text{ mm}$$

Se tomará el valor  $t_{13,1} = 7 \text{ mm}$

Redondeando al primer valor entero resulta:

$$t_{13} = 7 \text{ mm}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.3.3.- Brazola de la bodega y sus barraganetes

Según la Regla D101 Section 7, el espesor de la brazola y los barraganetes de la bodega se obtienen según:

$$t_{14} = 5.0 + k L + t_k \text{ (mm)}$$

Siendo:

$$k = 0.01$$

Se tomará  $t_k = 1 \text{ mm}$

Resulta

$$t_{14} = 6,5 \text{ mm}$$

Según la misma regla, el espesor mínimo no debe ser inferior a:

$$t_{14,2} = 12 s + t_k \text{ (mm)}$$

Siendo:

S: Espaciado entre longitudinales,  $s=600 \text{ mm}$

$$t_{14,2} = 8,2$$

Por tanto se tomará como valor para el espesor de la brazola

$$t_{14} = 8,2 \text{ mm}$$

Este valor se redondeará a:

$$t_{14} = 9 \text{ mm}$$

Los barraganetes no tendrán ala y su alma será también de 9mm de espesor

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.4.- Mamparos

El cálculo de los mamparos se efectuará siguiendo las recomendaciones de las Reglas correspondientes a la Part 3 Chapter 2 Section 8, "BULKHEAD STRUCTURES".

Las citadas reglas establecen idéntica metodología de cálculo para todos mamparos del buque, haciendo diferencia exclusivamente entre los planos y los corrugados. En el buque proyecto todos los mamparos son planos.

Las diferentes condiciones de cálculo en función de la ubicación del mamparo en el plano de distribución general del buque se establecen en la Regla C100 Pt.3 Ch.2 Sec.8 y serán aplicadas en cada caso particular.

Las cargas de diseño para los diferentes casos se establecen en la Regla B100 Pt.3 Ch.2 Sec.8

#### 3.4.1.- Mamparo de colisión

Para el cálculo de las tracas se utilizará según la regla C100 Section 8 la expresión:

$$t_{15} = \frac{15,8 \cdot k_A \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_K \text{ (mm)}$$

Siendo:

$K_A$ : Factor de corrección por relación de aspecto de la chapa. Se adopta el valor  $K_A = 1$  según regla A200 Section 5

$s$ : Separación entre refuerzos longitudinales  $s = 500 \text{ mm}$

$p$ : Según tabla B1 Regla B101 Section 8 en  $\text{kN/m}^2$   
 $p = 10 h_b$ .  $h_b$  se tomará como la sonda máxima del tanque

$\sigma$ : Se toma el valor  $\sigma = 160$  según tabla C1 Section 8

Se ha tomado un sobre espesor para protección por corrosión  $t_K = 2 \text{ mm}$  según recomienda la tabla D1.

Para las tracas de mamparo resulta:

:

$$t_{15.1} = 5,25 \text{ (mm)}$$

El espesor de las tracas no será inferior a:

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$$t_{15.2} = 5 + k L + t_k \text{ (mm)}$$

Tomando  $k = 0,02$  según tabla C1 Section 8

$$t_{15.2} = 8 \text{ mm}$$

Por tanto se tomará como valor para el espesor de las tracas del mamparo de colisión:

$$t_{15} = 8 \text{ mm}$$

El espesor del alma y el ala de los refuerzos verticales no deben ser menores que el mayor valor de las ecuaciones siguientes :

$$t_{16.1} = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t_{16.2} = 1,5 + \frac{h_w \cdot \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Siendo:

$$k = 0.01 L$$

$h_w$  = altura del alma en mm. En este caso los perfiles son HP 80x20

$$g = 75$$

$f_1 = 1$  factor del material. Al ser acero naval A, según la Regla B203 Section 2

Se tomará  $t_k = 2 \text{ mm}$

Por tanto:

$$t_{16.1} = 7 \text{ mm}$$

$$t_{16.2} = 4.1 \text{ mm}$$

Se tomará el valor  $t_{16.1} = 7 \text{ mm}$

$$t_{16} = 7 \text{ mm}$$

### 3.4.2.- Mamparos de proa y popa de la bodega de carga

De manera análoga para el cálculo de las tracas se utilizará según la regla C100 Section 8 la expresión:

$$t_{17} = \frac{15,8 \cdot k_A \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_K \text{ (mm)}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Siendo:

$K_A$ : Factor de corrección por relación de aspecto de la chapa. Se adopta el valor  $K_A = 1$  según regla A200 Section 5

$s$ : Separación entre refuerzos longitudinales  $s = 500$  mm

$p$ : Según tabla B1 Regla B101 Section 8 en  $\text{kN/m}^2$   
 $p = k \rho_c g_0 K h_c$ ;  $k=1,3$   $\rho_c = 0,641 \text{ t/m}^3$   $K=1$   $h_c = 4,3$  m

$\sigma$ : Se toma el valor  $\sigma = 160$  según tabla C1 Section 8

Se ha tomado un sobre espesor para protección por corrosión  $t_k = 2$  mm según recomienda la tabla D1.

Para las tracas de mamparo resulta:

:

$$t_{17.1} = 5,75 \text{ (mm)}$$

El espesor de las tracas no será inferior a:

$$t_{17.2} = 5 + k L + t_k \text{ (mm)}$$

Tomando  $k = 0,01$  según tabla C1 Section 8

$$t_{17.2} = 7,5$$

Por tanto se tomará como valor para el espesor de las tracas de ambos mamparos el primer valor entero superior:

$$t_{17} = 8 \text{ mm}$$

El espesor del alma y el ala de los refuerzos verticales no deben ser menores que el mayor valor de las ecuaciones siguientes :

$$t_{18.1} = 4.5 + k + t_k \text{ (mm)}$$

$$t_{18.2} = 1,5 + \frac{h_w \cdot \sqrt{f_1}}{g} + t_k$$

Siendo:

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$$k = 0.01 L$$

$h_w$  = altura del alma en mm. En este caso los perfiles son HP 80

$g = 75$  para perfiles

$f_1 = 1$  factor del material. Al ser acero naval A, según la Regla B203 Section 2

Se tomará  $t_k = 2$  mm

Por tanto:

$$t_{18,1} = 7 \text{ mm}$$

$$t_{18,2} = 4.1 \text{ mm}$$

Se tomará para el espesor del alma y ala de los refuerzos verticales de ambos mamparos el valor  $t_{18,1} = 7$  mm

$$t_{18} = 7 \text{ mm}$$

### 3.4.3.- Mamparos de proa y popa de la Cámara de Máquinas

El mamparo de proa de la Cámara de Máquinas coincide con el mamparo de popa de la bodega.

En cuanto al mamparo de popa de la cámara de máquinas, se le aplican los mismos criterios que al mamparo de colisión, por lo que se adopta los mismos escantillonados, ya que en ambos casos se ha tomado el mismo valor de sonda en los tanques para el cálculo resistente del mamparo.

Por tanto el espesor de las tracas del mamparo así como del ala y el alma de sus refuerzos verticales resulta:

$$t_{19} = 8 \text{ mm}$$

$$t_{19} = 7 \text{ mm}$$

## 3.5.- Superestructuras

El Buque Proyecto no dispone de castillo ni de toldilla, ya que su disposición general es de cubierta corrida; Por tanto, la única superestructura del buque es la correspondiente a la habilitación.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





Se seguirán las recomendaciones correspondientes a las reglas incluidas en Pt.3 Ch.2 Sec.10, las cuales contemplan el mismo procedimiento de cálculo para el cálculo del escantillonado de los frentes y los laterales de las casetas expuestas a la intemperie.

$$t_{20} = \frac{15,8 \cdot k_A \cdot s \cdot \sqrt{p}}{\sqrt{\sigma}} + t_K \text{ (mm)}$$

Para la traca baja de la superestructura se considera:

$K_A$ : Factor de corrección por relación de aspecto de la chapa. Se adopta el valor  $K_A = 1$  según regla A200 Section 5

$s$ : Separación entre refuerzos longitudinales  $s = 500 \text{ mm}$

$p$ : Según tabla C1 Regla C101 Section 10 en  $\text{kN/m}^2$   
 $p = 12,5 + 0,05 L_1$ ;  $L_1$  eslora de la superestructura

$\sigma$ : Se toma el valor  $\sigma f_1 = 160$  según Regla C101 Section 10

Se ha tomado un sobre espesor para protección por corrosión  $t_k = 2 \text{ mm}$  según recomienda la tabla D1.

Para las tracas de mamparo resulta:

:

$$t_{20,1} = 4,75 \text{ (mm)}$$

El espesor de las tracas no será inferior a la ecuación siguiente, admitiéndose un espesor máximo de 8 mm:

$$t_{20,2} = 5 + 0.01 L \text{ (mm)} = 5,5$$

Redondeando al primer valor entero superior:

$$t_{20} = 6 \text{ mm}$$

Las cubierta magistral de la superestructura se construirá con los mismos escantillonados que los obtenidos para las tracas inferiores y sus refuerzos.

Para las tracas superiores se establece la condición siguiente con un máximo de 7 mm y un mínimo de 5 mm

$$t_{21} = 4 + 0.01 L \text{ (mm)}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$$t_{21} = 4,5 \text{ mm}$$

Por tanto, para las tracas superiores se adopta el valor inmediatamente superior:

$$t_{21} = 5 \text{ mm}$$

Para los espesores de los refuerzos verticales de la superestructura se adopta el criterio del valor mínimo, definiendo perfiles L 60x60 de 5 mm de espesor.

$$t_{22} = 5 \text{ mm}$$

Las cubiertas interiores de la superestructura se construirán con los mismos escantillonados que los obtenidos para las tracas superiores y sus refuerzos.

#### 4.- MODULO RESISTENTE MINIMO

El reglamento del DnV en la regla C100 de la Sección 4 marca el valor mínimo para el módulo resistente de la sección maestra, el cual no deberá ser inferior a:

$$Z_o = C_{wo} L^2 B (CB + 0.7) \text{ (cm}^3\text{)}$$

Siendo:

$$C_{wo} = 5.7 + 0.022 L, \text{ con valor mínimo } 7.0; \quad C_{wo} = 5.7 + 0.022 \cdot 50 = 6,8$$

Por tanto:

$$Z_o = 6,8 \cdot 50^2 \cdot 9,3 (0,758 + 0.7) = 230.509,8 \text{ cm}^3$$

En el Anexo II se calcula el valor del módulo resistente de la cuaderna Maestra por dos vías; en primer lugar a partir de los valores de los momentos flectores admisibles en arrufo y quebranto según las Reglas del DnV, y posteriormente a partir de los valores del escantillonado de los elementos estructurales fijados por las Reglas de DnV. Para que la sección maestra obtenida a partir de los escantillonados fijados por las reglas se considere aceptable, el resultado deberá cumplir con la condición siguiente:

$$Z_{MF} \leq Z_o < Z_{BP}$$

$$Z_{MF} = 134.741,71 \text{ cm}^3 \leq Z_o = 230.509,8 \text{ cm}^3 < Z_{BP} = 784.136,8 \text{ cm}^3$$

Por lo que no es necesario hacer ningún ajuste de la estructura, incluyéndose el plano de la solución adoptada en el Anexo I.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## BIBLIOGRAFIA

“Rules for Classification of ships, Part 3, Section 4, “HULL STRUCTURAL DESIGN, SHIPS WITH LENGTH LESS THAN 100 METRES”. Det Norske Veritas. Oslo 2012

Alvariño, R.; Aspiroz, J. Meizoso, M. (1997): El proyecto básico del buque mercante. Madrid, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

Martinez A. Apuntes de la asignatura “Calculo avanzado de estructuras marinas”. Departamento de publicaciones de la ETSINO. Cartagena 2009

TUTOR:

*D. Germán Romero*

ALUMNO:

*Francisco J. Arrazola Méndez*

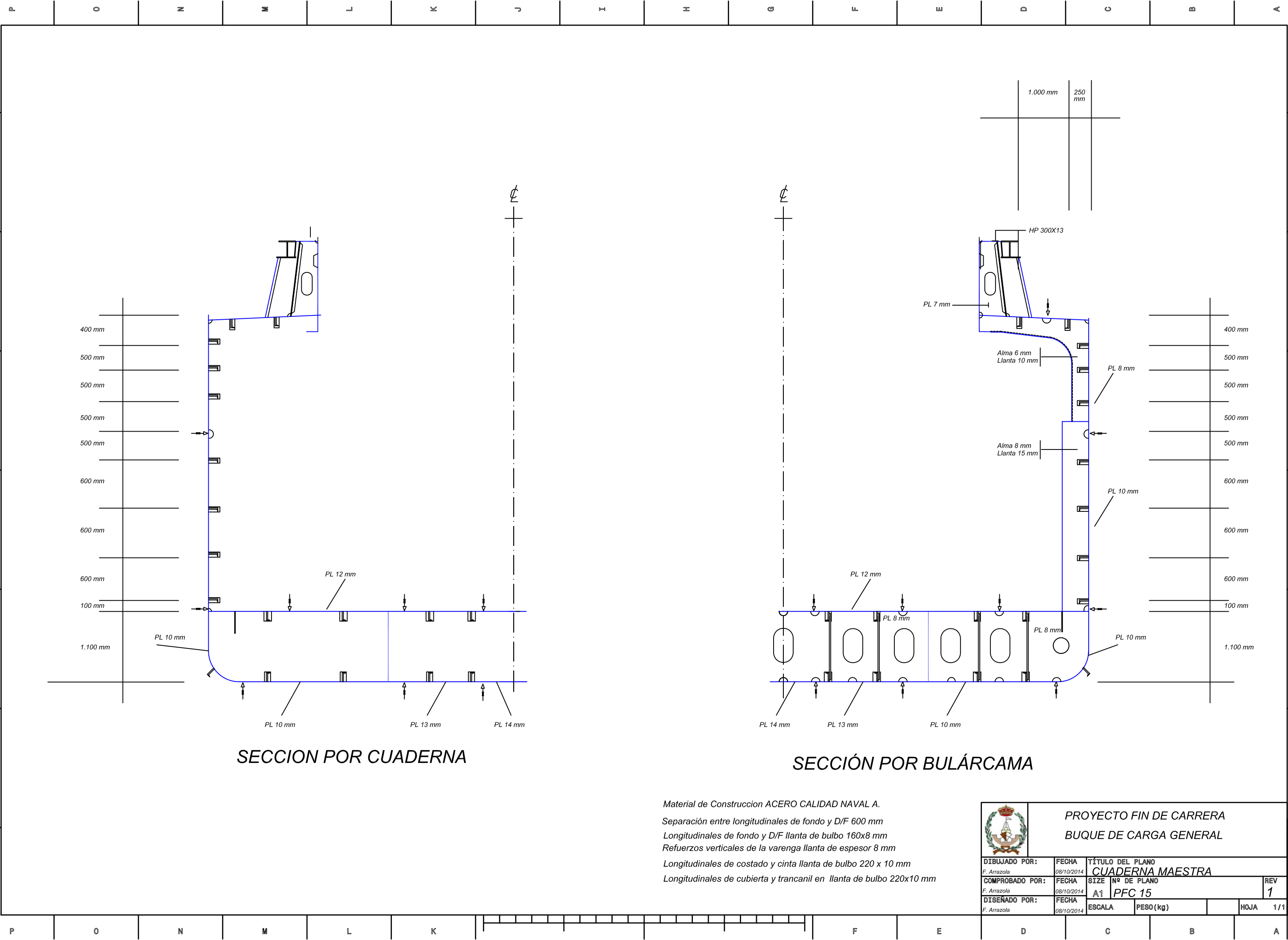


## **ANEXO I**

### **PLANO PFC 15 CUADERNA MAESTRA**

*TUTOR:*  
*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*  
*Francisco J. Arrazola Méndez*



SECCION POR CUADERNA

SECCIÓN POR BULÁRCAMA

Material de Construcción ACERO CALIDAD NAVAL A.  
Separación entre longitudinales de fondo y D/F 600 mm  
Longitudinales de fondo y D/F llanta de bulbo 160x8 mm  
Refuerzos verticales de la varenga llanta de espesor 8 mm  
Longitudinales de costado y cinta llanta de bulbo 220 x 10 mm  
Longitudinales de cubierta y trancanil en llanta de bulbo 220x10 mm



## **ANEXO II**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN MAESTRA**

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



**1. CÁLCULO DEL MÓDULO RESISTENTE DE LA CUADERNA MAESTRA A PARTIR DE LOS MOMENTOS FLECTORES MÁXIMOS ADMISIBLES SEGÚN EL REGLAMENTO**

según Regla C100 Pt.3 Ch.2 Sec.4 como módulo resistente en función de los momentos flectores máximos la expresión:

$$Z = \frac{M_S + M_W}{175} \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

Siendo:

Momento flector admisible en aguas tranquilas:

$$M_{SO} = 0.0052 L^3 B (CB + 0.7) \text{ (kNm)}$$

$$M_{SO} = 0.0052 L^3 B (CB + 0.7) \text{ (kNm)} = 0.0052 \cdot 50^3 \cdot 9,3 (0,758 + 0,7) = 8.813,61 \text{ kNm}$$

Momento flector admisible en condición de carga de ola en arrufo y quebranto

$$M_{WO} = 0.11 CW L^2 B (CB + 0.7) \text{ (kNm)} \text{ (Arrufo)}$$

$$M_{WO} = 0.19 CW L^2 B CB \text{ (kNm)} \text{ (Quebrabnto)}$$

CW es el coeficiente de carga por ola, que según la Regla A200, Pt.3 Ch.2 Sec.4, resulta:

$$CW = 0,0792 L = 3,96$$

Resulta

$$M_{WO} = 0,11 \cdot 3,96 \cdot 50^2 \cdot 9,3 (0,758 + 0,7) = 14.766,19 \text{ kNm}$$

$$M_{WO} = 0.19 \cdot 3,96 \cdot 50^2 \cdot 9,3 \cdot 0,758 = 13.259,92 \text{ kNm}$$

Para el caso de carga por ola se tomará el mayor de los valores

Por tanto, el valor del módulo resistente de la cuaderna maestra según el cálculo por momentos flectores resulta:

$$Z_{MF} = \frac{8.813,61 + 14.766,19}{175} \cdot 10^3 = 134.741,71 \text{ cm}^3$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



**2.- CÁLCULO DEL MÓDULO RESISTENTE DE LA CUADERNA MAESTRA A PARTIR DE LOS VALORES DEL ESCANTILLONADO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES FIJADOS POR LAS REGLAS DE DNV**

Elemento	Tipo	Número	e (mm)	b (cm)	c (mm)	Escantillonado (cm x mm)	Radio	Ángulo (°)	Altura (cm)	Área (cm²)	Momento estático (cm²xm)	Inercia Propia ((cm²)x(m²))	Giro de inercias (cm² x m²)	Th. Steiner (cm²xm²)	Inercia total (cm²x m²)	Peso (Kg/m)
Cubierta resistente	Traca	1	8	100	-	250 x 8	0	0	540,0	80,0	432,0	1,38923E-05	0,0	2311,5	2311,5	33,6
	Perfiles	1	7	40	7	80x7		0	530,0	73,1	387,3	0,0	0,0	2033,7	2033,7	30,7
Trancanil	Traca	1	8	125	-	200 x 8	0	0	540,0	100,0	540,0	8,18833E-06	0,0	2889,3	2889,3	42,0
	Perfiles	1	7	40	7	80x7		0	530,0	32,8	173,6	0,0	0,0	911,6	911,7	13,8
Cinta	Traca	1	8	145	-	145x8	0	95	500,0	116,0	580,0	29,647548	0,2	2871,3	2871,6	48,7
	Perfiles	1	8	40	8	40x8		95	420,0	8,1	34,1	0,0	0,0	141,6	141,6	3,4
	Perfiles	1	8	40	8	40x8		95	360,0	8,1	29,2	0,0	0,0	103,8	103,8	3,4
Costado	Traca	1	10	240	-	316x6	0	95	250,0	240,0	600,0	157,77248	1,2	1470,4	1471,6	100,8
	Perfiles	1	8	40	8	40x8		95	300,0	5,2	15,6	0,0	0,0	46,0	46,0	2,2
	Perfiles	1	8	40	8	40x8		95	240,0	5,2	12,5	0,0	0,0	29,3	29,3	2,2
	Perfiles	1	8	40	8	40x8		95	180,0	5,2	9,4	0,0	0,0	16,4	16,4	2,2
	Perfiles	1	8	40	8	40x8		95	120,0	5,2	6,2	0,0	0,0	7,2	7,2	2,2
Pantoque	Traca	1	10	175	-	175x10	1100	113	550,0	175,0	962,5	526,0910403	80,3	5246,2	5326,5	73,5
Fondo	Traca	1	10	185	-	185x10		166	1,0	185,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,1	77,7
	Perfiles	2	8	20	8	20x8		166	10,0	9,1	0,9	0,0	0,0	0,1	0,1	3,8
Traca de aparadura	Traca	1	13	175	-	175x13	0	113	1,0	227,5	2,3	526,0910403	80,3	0,0	80,3	95,6
	Perfiles	2	8	20	8	20x8		166	10,0	9,1	0,9	0,0	0,0	0,1	0,1	3,8
Quilla horizontal	Traca	1	14	35	-	35 x 14		0	1,0	49,0	0,5	0,000800333	0,0	0,0	0,0	20,6
Doble Fondo	Traca	1	12	185	-	185x10		166	110,0	222,0	244,2	0,0	0,0	256,7	256,7	93,2
	Perfiles	2	8	20	8	20x8		166	90,0	9,1	8,2	0,0	0,0	7,0	7,0	3,8
Refuerzos verticales del doble fondo	Perfiles	4	8	100	8	100x8		90	55,0	8,1	4,5	0,0	0,0	2,2	2,2	3,4
Vagra	Traca	1	7	100	7	100x7		90	55,0	70,0	38,5	20,48554667	0,0	19,3	19,3	29,4
	Perfiles	1	8	100	8	100x8		90	55,0	8,1	4,5	0,0	0,0	2,2	2,2	3,4

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Resistencia Estructural***



Área Total (cm <sup>2</sup> )	1.650,97
Momento Estático Total (cm <sup>2</sup> · m)	4.088,74
Posición del eje neutro sobre la quilla: Yn (m)	2,5
Momento de Inercia Total (cm <sup>2</sup> ·m <sup>2</sup> )	18.528,09
Módulo resistente de la sección (cm <sup>3</sup> )	748.136,80
Clara entre cuadernas (cm)	60,00
Peso específico del acero (kg/m <sup>3</sup> )	7.800,00

*TUTOR:*

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Capítulo

3.2

## CAPÍTULO 3.2

### Pesos y CDG del buque en rosca

*A lo largo el proyecto se ha definido la  
disposición general del buque  
y sus diferentes servicios, lo que permite  
fijar el desplazamiento en rosca y la posición correspondiente del cdg*



## **1.- CRITERIOS DE CÁLCULO**

El cálculo del peso del buque rosca se llevará a cabo mediante la aplicación de métodos aproximados y cálculo directo según la disponibilidad de información.

En el cálculo del peso del acero continuo longitudinal y transversal se aplicará el método de Aldwinckle. Para el cálculo del peso de los locales de acero, se utilizarán las fórmulas aproximadas correspondientes

El peso de la maquinaria, el equipo y la habilitación se hará por cálculo directo ya que los pesos reales de estas partidas son conocidos.

En cuanto al cálculo de las coordenadas del CDG se efectuará por cálculo directo, cuyo valor real se obtendrá en el momento de efectuar la experiencia de estabilidad del buque ya construido.

## **2.- PESO DEL ACERO**

El peso del acero del buque se efectuará mediante el cálculo del peso de cada una de las partidas que componen los aceros, el acero continuo y los pesos locales de acero, compuestos estos últimos por el peso de los mamparos y de los raseles, ya que el buque no dispone de tanques no estructurales.

### **2.1.- Acero continuo**

El peso del acero continuo se obtendrá por el método de Aldwinckle [1], a partir del peso por metro tanto de la estructura longitudinal como de la transversal de la maestra.

Obtenido el peso por metro de la maestra se obtiene por aplicación del método el peso por metro del resto de las secciones y por integración de estos la distribución del peso del acero continuo en el buque.

Así pues para una sección cualquiera,  $i$ , el peso por unidad de longitud será  $W(i) = W_L(i) + W_T(i)$ , obtenido como suma del peso por metro del acero longitudinal mas el transversal.

El peso de acero longitudinal de una cierta sección “ $i$ ” se obtiene mediante la siguiente expresión:

*TUTOR:*

*D. Germán Romero*

*ALUMNO:*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



$$WL(i) = G(i)^{m(i)} \cdot W_{LM} \text{ T/m}$$

Siendo:

WL(i): Peso por metro de la sección “i”

G(i):  $G(i) = \text{perímetro de la sección}(i) / \text{perímetro de la maestra}$

m(i): Valor tabular de Aldwinckle

W<sub>LM</sub>: Peso por metro de la estructura longitudinal de la maestra

PESO DE LA ESTRUCTURA LONGITUDINAL					
Cuaderna	Perímetro (i)	G(i)	m (i)	W <sub>LM</sub>	WL (i)
1	16,0728	0,543	3,45	3.499,23	425,63
2	21,4896	0,726	3,3	3.499,23	1.216,36
3	23,8872	0,807	2,67	3.499,23	1.973,90
4	26,3144	0,889	2,21	3.499,23	2.698,02
5	27,8832	0,942	1,6	3.499,23	3.180,20
6	28,6824	0,969	1,29	3.499,23	3.359,93
7	29,1856	0,986	1,19	3.499,23	3.441,01
8	29,4816	0,996	1,12	3.499,23	3.483,56
9	29,6	1	1	3.499,23	3.499,23
10	29,6	1	1	3.499,23	3.499,23
11	29,6	1	1	3.499,23	3.499,23
12	29,6	1	1	3.499,23	3.499,23
13	29,6	1	1	3.499,23	3.499,23
14	29,6	1	1	3.499,23	3.499,23
15	29,6	1	1	3.499,23	3.499,23
16	29,3928	0,993	5,2	3.499,23	3.373,72
17	28,5048	0,963	4,67	3.499,23	2.934,32
18	26,4032	0,892	3,31	3.499,23	2.397,07
19	23,4432	0,792	2,38	3.499,23	2.008,81
20	22,94	0,775	1,88	3.499,23	2.167,00

**WL (kg) = 57.154,13**

Análogamente, el peso de acero transversal de una cierta sección “i” se obtiene mediante la siguiente expresión:

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

Pesos



$$WT(i) = Q(i)^{p(i)} \cdot W_{TM} \text{ Tn/m}$$

Siendo:

W(i): Peso por metro de la sección "i"

Q(i):  $G(i) = \text{Área de la sección}(i) / \text{Área de la maestra}$

p(i): Valor tabular de Aldwinckle

TM<sub>L</sub>: Peso por metro de la estructura longitudinal de la maestra

PESO DE LA ESTRUCTURA TRANSVERSAL					
Cuaderna	Área (i)	Q(i)	p(i)	W <sub>TM</sub>	W <sub>T</sub> (i)
1	47,56	0,205	0,51	1464,75	652,77
2	98,368	0,424	0,65	1464,75	838,59
3	151,032	0,651	0,78	1464,75	1047,99
4	190,704	0,822	0,88	1464,75	1232,68
5	214,368	0,924	0,94	1464,75	1359,86
6	225,272	0,971	0,99	1464,75	1422,69
7	229,448	0,989	1	1464,75	1448,64
8	232	1	1	1464,75	1464,75
9	232	1	1	1464,75	1464,75
10	232	1	1	1464,75	1464,75
11	232	1	1	1464,75	1464,75
12	232	1	1	1464,75	1464,75
13	232	1	1	1464,75	1464,75
14	232	1	1	1464,75	1464,75
15	232	1	0,99	1464,75	1464,75
16	228,752	0,986	0,94	1464,75	1445,47
17	219,008	0,944	0,88	1464,75	1392,32
18	195,112	0,841	0,78	1464,75	1279,69
19	159,616	0,688	0,75	1464,75	1106,51
20	72,848	0,314	0,51	1464,75	811,33

**WT (kg)= 25.756,53**

TUTOR:

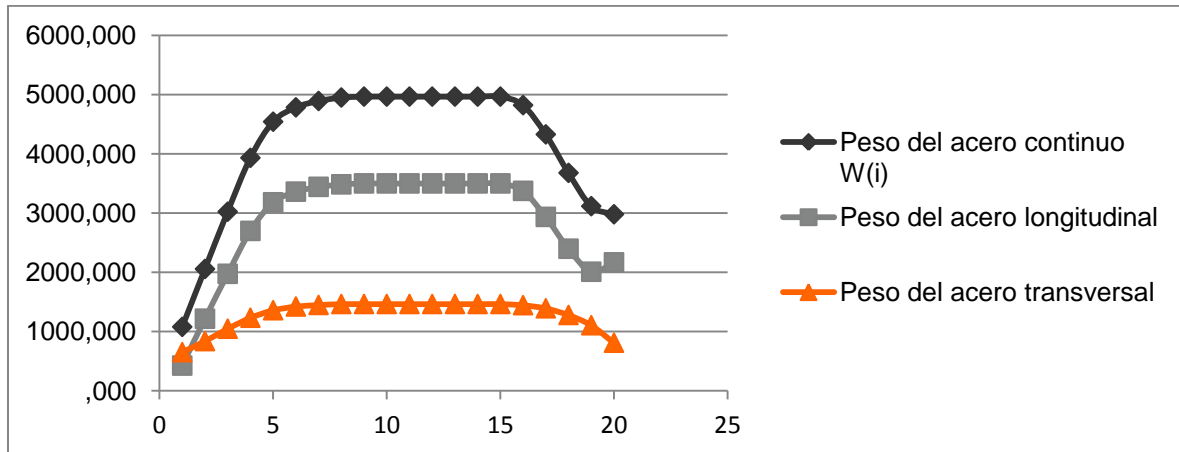
ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



Por tanto la distribución del peso continuo del acero resultará de la integración de las curvas obtenidas:



Integrando resulta un peso del acero continuo de:

$$W = 82.910,66 \text{ t}$$

### 2.1.1.- Posición del cdg del acero continuo

La posición del CDG del acero continuo se obtiene como combinación de los cdg del acero continuo longitudinal y del transversal, a partir de la posición del cdg de las diferentes secciones.

Se presentan en este epígrafe los resultados:

$$X_G = \frac{\sum_{i=0}^{i=54} (X_G(i) \cdot W(i))}{\sum_{i=0}^{i=54} W(i)}$$

Siendo:

$W(i)$ : Peso de acero continuo de la sección  $i$ -ésima

$X_G(i)$ : Posición longitudinal del centro de gravedad de la sección  $i$ -ésima

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Resultando:

$$X_G = 27 \text{ m}$$

Análogamente para la coordenada vertical:

$$Z_G = \frac{\sum_{i=0}^{i=54} (Z_G(i) \cdot W(i))}{\sum_{i=0}^{i=54} W(i)}$$

$W(i)$ : Peso de acero continuo de la sección i-ésima

$Z_G(i)$ : Posición longitudinal del centro de gravedad de la sección i-ésima

Resultando:

$$Z_G = 2,55 \text{ m}$$

## 2.2.- Pesos locales de acero

Los pesos locales de acero son los de aquellos elementos que no están incluidos en el peso de acero continuo, como son los mamparos, superestructura de habitación, guardacalor y chimenea, y raseles de proa y popa.

### 2.2.1.- Peso y posición del cdg de los mamparos

El peso de los mamparos no se incluye en el cálculo del peso del acero continuo, por lo que se debe calcular separadamente.

$$W_{BHD} = a \cdot B^b \cdot D^c \cdot R^d$$

Siendo:

Para los coeficientes se utilizarán los valores establecidos para graneleros

$a = 0,0141$  para mamparos planos

$b = 1,2$

$c = 1,6$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

Pesos



$$d = 1$$

$$B = 9,3 \text{ m (manga)}$$

$$D = 5,4 \text{ m (puntal)}$$

R: Relación de áreas mamparo (i) / cuaderna maestra

Puesto que todos los mamparos son planos se pueden hacer comunes todos los factores a excepción de la relación de áreas.

$$W_{BHD} = 0,141 \cdot 9,3^{1,2} \cdot 5,4^{1,6} \cdot R^1 = 30,409 \cdot R$$

Particularizando para cada mamparo, teniendo en cuenta que para el mamparo de colisión  $R=0,75$ ; para el mamparo del pique de popa  $R = 0,58$ , para el mamparo del local del servo  $R=0,61$ ; y para el resto de los mamparos  $R=1$ , resultan los siguientes pesos:

- Mamparo de colisión:  $W_{BHD81} = 22,8 \text{ t}$
- Mamparo de proa de la bodega:  $W_{BHD73} = 30,4 \text{ t}$
- Mamparo de popa de la bodega:  
(coincide con mamparo de pr de CM)  $W_{BHD19} = 30,4 \text{ t}$
- Mamparo del rasel de popa  
(coincide con mamparo de pp de CM)  $W_{BHD6} = 17,6 \text{ t}$
- Mamparo del local del servo  $W_{BHD2} = 18,5 \text{ t}$

Conocidos los pesos se calcula la posición del cdg del acero de los mamparos.

MAMPARO	PESO	XG	ZG	MTO X	MTO Z
Rasel de proa	22,8	48,6	2,5	1.108,08	57
proa bodega	30,4	43,8	2,5	1.331,52	76
Popa bodega	30,4	11,4	2,5	346,56	76
Rasel de popa	17,6	3,6	2,5	63,36	44
Local del servomotor	18,6	1,2	3,5	22,32	65,1

<b>TOTALES</b>	119,8	2.871,84	318,1
----------------	-------	----------	-------

XG =	23,97	m
ZG =	2,66	m

## 2.2.2.- Peso y posición del cdg de los raseles de proa y popa

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





Se incluirá en este cálculo el tanque de agua dulce que se encuentra a popa del rasel de popa. Para el cálculo del peso de las dos partidas se utilizará la ecuación:

$$W_H = ak \cdot V^{bk} (t)$$

Siendo:

- $W_H$ : Peso del acero de los tanques  
 $ak$ : Factor  $ak = 0,13$   
 $bk$ : Factor  $bk = 1$   
 $V$ : Volumen correspondiente a cada uno de los tanques

Por tanto:

- Volumen de rasel de proa:  $V_{pr} = 16,278 \text{ m}^3$
- Volumen de rasel de popa:  $V_{ppa} = 15,883 \text{ m}^3$
- Volumen del tanque de A/D pp:  $V_{A/D} = 6,825$

$$W_H = 0,13 \cdot (16,278 + 15,883 + 6,825) = 5,06 \text{ t}$$

TANQUE	PESO (t)	XG (m)	ZG (m)	MTO X (m·t)	MTO Z (m·t)
Rasel de proa	2,11	51	3	107,61	6,33
Rasel de popa	2,06	1,2	5,4	2,472	11,124
Tanque de agua dulce	0,88	0	8	0,00	6,33

<b>TOTALES</b>	5,05			110,08	17,454
----------------	------	--	--	--------	--------

XG =	21,80	m
ZG =	3,46	m

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## 3.- PESOS Y POSICIÓN DEL CDG DE HABILITACIÓN, GUARDACALOR Y CHIMENEA

El cálculo del peso de la habitación se hará en base a los volúmenes de cada una de las cubiertas. Se incluirá en este cálculo el peso de la chimenea y el guardacalor, ya que forman parte integral de la habitación.

Para el cálculo del peso de las tres partidas se utilizará la ecuación siguiente:

$$W_H = ak \cdot V^{bk} (t)$$

Siendo:

$W_H$ : Peso de la habitación

$ak$ : Factor  $ak = 0,13$

$bk$ : Factor  $bk = 1$

$V$ : Volumen correspondiente a cada una de las cubiertas de la habitación.

La habitación del buque proyecto comprende 3 cubiertas, tripulación principal y puente. El peso de la cubierta magistral se considerará incluido en el peso correspondiente al volumen de la cubierta de puente.

Por tanto:

- Volumen de cubierta de tripulación:  $V_{trip} = 94,66 \text{ m}^3$
- Volumen de cubierta principal:  $V_{cbta} = 76,95 \text{ m}^3$
- Volumen de cubierta puente  $V_{Pte} = 41,9 \text{ m}^3$

$$W_H = 0,13 \cdot (94,66 + 76,95 + 41,9) = 27,75 \text{ t}$$

Análogamente para el guardacalor y la chimenea:

- Volumen del guardacalor:  $V_{gc} = 31,25 \text{ m}^3$
- Volumen chimenea:  $V_{ch} = 17,2 \text{ m}^3$

$$W_{GC} = ak \cdot V^{bk} (t)$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$$W_{GC} = 0,13 \cdot (31,25) = 4,06 \text{ t}$$

$$W_{CH} = 0,13 \cdot (17,2) = 2,23 \text{ t}$$

A los pesos obtenidos hay que incluir el peso de pintura de las áreas expuestas a la intemperie, el cual se toma como el 6% del peso del acero, resultando:

$$W_{pH} = 0,06 \cdot 22.340 \text{ kg} = 1.340,4 \text{ kg}$$

Análogamente, para la ubicación del cdg de la habitación, guardacalor y chimenea:

ESPACIO	PESO (t)	XG (m)	ZG (m)	MTO X (m·t)	MTO Z (m·t)
Habitación	27,75	4,5	5,7	124,88	158,175
Guardacalor	4,06	4,2	8,5	17,05	34,51
Chimenea	2,23	4,8	10,5	10,70	23,415
Pintura	1,34	4,5	8,9	6,03	11,926

<b>TOTALES</b>	35,38			158,66	228,026
----------------	-------	--	--	--------	---------

XG =	4,48	m
ZG =	6,45	m

## 4.- PESO DE LA MAQUINARIA

Para el cálculo del peso de la maquinaria, puesto que se dispone del listado de equipos tras haber efectuado en cuadernos previos los cálculos correspondientes al dimensionamiento de la propulsión; se presentan las tablas correspondientes a cada partida en las cuales se han incluido los pesos que los fabricantes proporcionan de cada uno de los equipos.

Se han subdividido los pesos de la maquinaria en tres partidas: motor principal, maquinaria auxiliar del motor principal y resto de maquinaria. En el caso concreto del motor principal se ha estimado el peso de acero que supone la bancada del motor.

Los fabricantes ofrecen únicamente los pesos de los equipos, al que hay que añadir el peso de los polines. Se tomará una estimación del 20% sobre el peso del equipo para la valoración del peso de los polines. Este valor se tomará globalmente sobre el peso total de la maquinaria auxiliar del MP y el resto de la maquinaria. La posición de us cdg se obtiene a partir de las posiciones globales de los cdg de las dos partidas de maquinaria afectadas.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

Pesos



PESO DEL MOTOR PRINCIPAL	
EQUIPO	PESO UNITARIO (kg)
MOTOR PRINCIPAL	3.230
Polón del motor principal	1.800
TOTAL	5.030

PESO DE LA MAQUINARIA AUXILIAR DEL MOTOR PRINCIPAL	
EQUIPO	PESO UNITARIO (kg)
Bomba de trasiego DO 1	185
Bomba de trasiego DO 2	185
Purificadora DO	350
Bomba de agua salada 1	180
Bomba de agua salada 2	180
Compresor aire de arranque 1	260
Compresor aire de arranque 2	260
Enfriador de aceite	120
Enfriador de agua de refrigeración	120
TOTAL	1.840

POLINES	PESO TOTAL (kg)
Peso de los polines de la maquinaria auxiliar del MP y maquinaria restante	1.387

TUTOR:  
ALUMNO:

D. Germán Romero  
Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

Pesos



PESO DE LA MAQUINARIA RESTANTE	
EQUIPO	PESO UNITARIO (kg)
Bomba de lodos	125
Bomba para lubricación del eje de cola	67
Compresor de emergencia – Servicios en CM	260
Ventilador de Cámara de Máquinas 1	132
Ventilador de Cámara de Máquinas 2	132
Extractor de Cámara de Máquinas 1	132
Extractor de Cámara de Máquinas 2	132
Ventilador local servomotor del timón 1	1210
Ventilador local servomotor del timón 2	120
Extractor local servomotor del timón 1	120
Extractor local servomotor del timón 2	120
Accionamiento hidráulico servomotor del timón	250
Evaporador	316
Bomba de achique de sentinas 1	180
Bomba de achique de sentinas 2	180
Bomba de lastre 1	250
Bomba de lastre 2	250
Bomba CI 1	265
Bomba CI 2	265
Polipasto CM	355
Accionamiento hidráulico del molinete	234
TOTAL	5.095

## 4.1.- Peso total de la maquinaria y posición del cdg

Conocidos los pesos y la posición del cdg de cada equipo a partir de la información proporcionada por los fabricantes, se obtiene en la siguiente tabla el peso y posición del centro de gravedad de cada partida y del conjunto total de la maquinaria.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



PARTIDA DE PESOS	PESO TOTAL (kg)	XG (m)	ZG (m)	mto XG	mto ZG
Motor principal	5.030,00	5,75	2,85	28.922,50	14.335,50
Maquinaria auxiliar del motor principal	1.840,00	5,15	2,70	9.476,00	4.968,00
Maquinaria restante	5.095,00	5,55	2,70	28.277,25	13.756,50
Polines	1.387,00	4,90	2,65	6.796,30	3.675,55

TOTALES	13.352,00			73.472,05	36.735,55
---------	-----------	--	--	-----------	-----------

XG =	5,50	m
ZG =	2,75	m

## 5.- PESO DEL EQUIPO

El equipo se subdividirá en las partidas que lo componen, llegándose al valor total por suma de los valores parciales. En cada caso se incluye la posición del centro de gravedad correspondiente.

### 5.1.- Peso de la protección anticorrosiva

Esta partida se divide en dos, el peso correspondiente a la pintura y el peso correspondiente a los ánodos de sacrificio.

#### 5.1.1.- Peso de la pintura

El peso de la pintura se obtiene por estimación aproximada, considerado como el 6% del peso del acero continuo. Según comparación del resultado obtenido del peso de la pintura con el correspondiente al peso de pintura de los buques de la base de datos, se incluirá el peso de la pintura de los mamparos en este resultado.

Así pues:

$$W_p = 0,06 \cdot W$$

Siendo:

Wp: Peso de la pintura  
W: Peso del acero continuo

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



$$W_p = 0,06 \cdot 148.513,12 = 8.910,78 \text{ kg}$$

Las coordenadas del cdg:

$$\begin{aligned} XG &= 27 \text{ m} \\ ZG &= 2,05 \text{ m} \end{aligned}$$

### 5.1.2.- Peso de la protección catódica

Se dispondrán un conjunto de ánodos a lo largo de la estructura del buque, instalados con mayor densidad en la zona de popa, en la proximidad de la hélice.

Se pueden estimar 35 ánodos de sacrificio soldados al casco de entre 6 y 20 kg cada uno con un peso total estimado en torno a 630 kg.

A esto hay que añadir la protección catódica en los tanques de lastre que se puede estimar en un conjunto de 40 ánodos de 20 kg, con un peso total estimado de 800 kg

Por tanto el peso total  $W_z$  de la protección catódica resulta:

$$W_z = 1.430 \text{ kg}$$

Las coordenadas del cdg:

$$\begin{aligned} XG &= 24 \text{ m} \\ ZG &= 1,85 \text{ m} \end{aligned}$$

### 5.2.- Peso del equipo de fondeo amarre y remolque

El equipo de fondeo amarre y remolque se dimensiona en el epígrafe 2.4 del capítulo 2.3 “Equipo y servicios”.

El resultado del dimensionamiento de este servicio es:

- Equipo de fondeo
  - Molinete: Una unidad de 657 kg de peso
  - Estopor: dos unidades, de peso unitario 145 kg
  - Ancla: 2 unidades de 780 kg cada una
  - Cadena: 2 cadenas de 165 m/ud peso total 1.830 kg por cadena
- Equipo de amarre
  - Cabos de amarre cuatro cabos de 120 m de longitud cada uno de ellos. Peso unitario 180 kg por cabo

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

Pesos



- Bitas: Una bita en cada amura una en cada aleta mas dos bitas por Banda. Peso unitario de cada bita: 150 kg
- Gateras una gatera por cada bita, en total 8. Peso unitario 50 kg
- Cabrestante Un cabrestante a popa de 320 kg
- Equipo de remolque
  - Cabo de remolque Un cabo de remolque de 180 m de longitud y 270 kg de peso
  - Bita de remolque Una a proa y una a popa de 75 kg de peso cada una
  - Gatera Dos gateras de remolque de 50 kg cada una

En resumen:

EQUIPO	PESO TOTAL	XG	YG
Fondeo	6.167 kg	52	5,5
Amarre	2.640 kg	6,5	3,45
Remolque	520 kg	9	3,45

## 5.3.- Peso del equipo de navegación

Según los resultados obtenidos en el capítulo 2.3 al dimensionar los equipos de navegación, resulta:

SERVICIOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES	
EQUIPO	PESO UNITARIO (kg)
Girocompás 1	225
Girocompás 2	225
Repetidor de rumbo	95
Autopiloto	35
Visualizador de cartas	6
Receptor del sistema mundial de navegación	3
Radar ARPA nº 1	288
Radar ARPA nº 2	288
Ecosonda	2
Lámpara de señales eléctrica	2
Sistema LRIT	22
Registrador RDT	6

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





PESO TOTAL

1.197,00 kg

Las coordenadas del cdg:

$XG = 8,55 \text{ m}$

$ZG = 8,15 \text{ m}$

## 5.4.- Peso del equipo de gobierno

El peso del equipo de gobierno incluye timón, mecha y accesorios, servomotor hidráulico, electrobombas hidráulicas y polines. Se calcula partiendo del dimensionamiento efectuado. El valor del peso del timón se obtiene a partir de los datos de dimensionamiento que se fijaron en el epígrafe 3.3.3 capítulo 2.1. El peso del polín del servo se toma como el 20% del peso total del servo mas el del timón con su mecha.

- Servomotor del timón 680 kg
- Power Pack del servomotor 95 kg
- Timón y mecha 2.523kg
- Polín del servo 640,6 kg

En estas condiciones, el peso total del equipo de gobierno resulta:

$W_{gob} = 3.938,6 \text{ kg}$

Encontrándose su centro de gravedad en las coordenadas:

$XG = 0$

$ZG = 2,15 \text{ m}$

## 5.5.- Peso del equipo de abandono y salvamento

El peso del equipo de abandono se estima a partir de la dotación para este servicio, que se compone de dos balsas salvavidas para 6 personas cada una de ellas más 6 chalecos más 6 trajes de inmersión. Según datos de fabricantes, las balsas de estas características tienen un peso promedio de 250 kg; incluyendo los 6 chalecos salvavidas las los 6 trajes de inmersión se alcanza un peso de 720 kg

$WAB = 720 \text{ kg}$

El buque incluye un bote de rescate no rápido de 4m de eslora, el cual se ponen en servicio por medio de una pequeña grúa montada a tal efecto. El peso de la embarcación se encuentra en

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



torno a 220 kg incluyendo el motor fuera borda y el de la grúa para su puesta a flote se estima en torno a 850 kg, por lo que el peso total del conjunto es de :

$$W_{STO} = 220 + 850 = 1.070 \text{ kg}$$

Siendo: las coordenadas del cdg:

$$XG = 2.05 \text{ m}$$

$$YG = 5,25 \text{ m}$$

## **5.6.- Peso del equipo CI**

Considerando que el equipo contraincendios en cámara de máquinas está constituido por un conjunto de 6 botellas de gas de 250 kg cada una; el peso total será el de las botellas de gas mas sus accesorios. Se estima n 10% de peso en accesorios de tubería.

Por tanto

$$W_{CI} = 6 \cdot 250 \cdot 1,1 = 1.650 \text{ kg}$$

Las coordenadas del cdg:

$$XG = 1,95 \text{ m}$$

$$ZG = 6,25 \text{ m}$$

## **5.7.- Peso de las tapas de escotilla**

Las tapas de escotilla, como se vio en el epígrafe 3.3 del capítulo 2.3 son del tipo plegable del fabricante McGregor.

Para el cierre de la bodega se han dispuesto 12 tapas de escotilla de 2,60 m de longitud por 5 m de anchura, cuyo peso individual, según el fabricante, se estima en torno a 1.920 kg, siendo el peso total de esta partida:

$$W_{tp} = 23.040 \text{ kg}$$

Su cdg se encuentra en:

$$XG = 27 \text{ m}$$

$$ZG = 6,5 \text{ m}$$

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



### 5.8.- Peso de medios de carga y descarga: excavadora

Como se definió en capítulos anteriores el medio de carga y descarga del buque es una retroexcavadora.

El peso en las tablas del fabricante para el modelo Caterpillar 329D/D L SERIE 2 es de 30.115 kg. Hay que añadir la superestructura que la soporta que se estima en torno a 15.500 kg; por lo que su peso total es de

$$W_{exc} = 45.615 \text{ kg}$$

Las coordenadas del cdg de este peso son:

$$X_G = 24,7 \text{ m}$$

$$Z_G = 7,85 \text{ m}$$

## 6.- OTROS PESOS

Se incluyen en este epígrafe el resto de los pesos del buque que no forman parte del equipo del mismo.

### 6.1.- Peso de la puertas estancas

El buque cuenta con cinco puertas estancas, tres en la habitación, dos a la altura de la cubierta principal y otra más para el acceso a CM; otra de acceso al pañol del generador de emergencia en proa. El peso promedio de este tipo de puertas es de 300 kg. Por tanto el peso total será:

$$W_{pest} = 1.500 \text{ kg}$$

### 6.2.- Peso de portillos

El buque dispone de 20 portillos cuyo peso unitario es de 36 kg, resultando un peso total de:

$$W_{port} = 720 \text{ kg}$$

### 6.3.- Peso de la protección de la tripulación

Se estima con la siguiente fórmula:

$$W_{fb} = 0,245 \cdot (N_{da} + 2) + 0,03 \cdot L \text{ (t)}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

Pesos



Siendo:

N da : número de cubiertas de alojamientos

L Eslora del buque

$$W_{fb} = 0,245 \cdot (3 + 2) + 0,03 \cdot 54 = 2.845 \text{ kg}$$

## 6.4.- Peso del servicio de elevación y acceso

Del dimensionamiento de este servicio se obtiene los datos siguientes:

SERVICIO DE ELEVACIÓN Y ACCESO	
EQUIPO	PESO UNITARIO (kg)
Escala real (2)	550
Escala de práctico (2)	70

TOTAL = 1.240 kg

## 6.5.- Peso del servicio HVAC

Del dimensionamiento de este servicio se obtiene los datos siguientes:

HVAC	
EQUIPO	PESO UNITARIO (KG)
Ventilador Puente	35
Extractor Puente	35
Ventilador Cocina	45
Extractor Cocina	45
Extractor de habitación nº 1	45
Extractor de habitación nº 2	45
Batería de resistencias de calefacción de camarotes (8)	200
Máquina climatizadora	165
Peso de los conductos	435

TOTAL = 1.050

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



## 6.6.- Peso de los equipos de entretenimiento.

A bordo existen 8 televisores con su correspondiente DvD. Estos equipos pesan en torno a 1,5 kg cada uno, lo que supone un peso de

$$W_{ent} = 16 \cdot 1,5 = 24 \text{ kg}$$

## 6.7.- Peso de los equipos de lavandería

LAVANDERÍA	
EQUIPO	PESO UNITARIO (kg)
Lavadora industrial nº 1	16
Lavadora industrial nº 2	16
Secadora industrial nº 1	20
Secadora industrial nº 2	20
Lavadora de tripulación nº 1	12
Lavadora de tripulación nº 2	12
Secadora de tripulación	15
Planchas de tripulación nº 1	1,2
Planchas de tripulación nº 2	1,2

TOTAL = 113,4 kg

## 6.8.- Peso del equipo de cocina

COCINA - GAMBUZA	
EQUIPO	PESO UNITARIO (kg)
Congelador de carne	70
Congelador de pescado	70
Refrigerador de frutas	50
Refrigerador de pescado	50
Frigorífico de servicio diario	15
Cocina eléctrica de cuatro parrillas	3
Horno eléctrico de 100 litros	2
Horno de pan	2
Marmita eléctrica de 5 litros	3
Freidora de 3 litros nº1	0,4

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Pesos



Freidora de 3 litros n°2	0,4
Horno microondas de 30 litros n°1	0,8
Horno microondas de 30 litros n°2	0,8
Amasadora de 20 litros	2
Molinillo de café	0,3
Cafetera eléctrica	0,6
Termo para leche	0,6
Lavavajillas n° 1	30
Lavavajillas n° 2	30
Fuente fría	25
Frigoríficos tripulación	160

TOTAL = 515,9 kg

## 6.9.- Tabla resumen de otros pesos

Se incluye en este epígrafe una tabla resumen de estos pesos, incluyendo la posición global del cdg.

RESUMEN OTROS PESOS	
GRUPO	PESO TOTAL GRUPO (kg)
Puertas estancas	1.500
Portillos	720,0
Protección de la tripulación	2.845,0
Servicio de elevación y acceso	1.240,0
Servicio HVAC	1.050,0
Equipos de entretenimiento	24,0
Equipos de lavandería	113,4
Equipo de cocina	515,9

TOTAL = 8.008,30 kg

XG = 8,25 m  
ZG = 4,45 m

## 7.- PESO EN ROSCA

Se presenta la tabla resumen en la que se detalla tanto la suma de pesos como el cálculo de las coordenadas del cdg del buque en la condición de rosca.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

Pesos



PESO	W kg	XG	ZG	mto XG	mto ZG
<b>Peso del acero</b>					
Acero continuo	148.513,12	27,00	2,55	4.009.854,24	378.708,46
<b>Pesos locales de acero</b>					
Mamparos	119.800,00	23,97	2,66	2.871.606,00	318.668,00
Raseles de proa y popa	5.050,00	21,80	3,46	110.090,00	17.473,00
<b>Peso de la habilitación</b>					
	35.380,00	4,48	6,45	158.502,40	228.201,00
<b>Peso de la maquinaria</b>					
	13.352,00	5,50	2,75	73.436,00	36.718,00
<b>Peso del equipo</b>					
Pintura	8.910,78	27,00	2,05	240.591,06	18.267,10
Protección catódica	1.430,00	24,00	1,85	34.320,00	2.645,50
Fondeo	6.167,00	52,00	5,50	320.684,00	33.918,50
Amarre	2.640,00	6,50	3,45	17.160,00	9.108,00
Remolque	520,00	4,00	3,45	2.080,00	1.794,00
Equipo de navegación	1.197,00	8,55	8,15	10.234,35	9.755,55
Equipo de gobierno	3.938,60	0,00	2,15	0,00	8.467,99
Equipo de salvamento	1.070,00	2,05	5,25	2.193,50	5.617,50
Equipo de CI	1.650,00	1,95	6,25	3.217,50	10.312,50
Tapas de escotilla	23.040,00	27,00	6,50	622.080,00	149.760,00
Medios de carga y descarga	45.615,00	24,70	7,85	1.126.690,50	358.077,75
	96.178,38	24,74	6,32	2.379.250,91	607.724,39
<b>Otros pesos</b>					
Puertas estancas	1.500,00				
portillos	720,00				
Protección de la tripulación	2.845,00				
Elevación y acceso	1.240,00				
HVAC	1.050,00				
Entretenimiento	24,00				
Lavandería	113,40				
Equipo de cocina	515,90				
	8.008,30	8,25	4,45	66.068,48	35.636,94
<b>TOTALES</b>	426.281,80 t			9.668.808,03	1.623.129,78

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Pesos



Se presentan las tablas con las diferencias entre los valores obtenidos en el proceso de pre dimensionamiento llevado a cabo en el capítulo 1.1 y los valores obtenidos como resultado del proceso de cálculo de pesos efectuado en el presente capítulo.

Se comprueba que la diferencia en desplazamiento como en posición del cdg en rosca del buque es inferior a 1% en todos los casos.

<b>DESPLAZAMIENTO EN ROSCA RESULTANTE DEL CÁLCULO DE PESOS</b>	426,282 t
--	-----------

<b>DESPLAZAMIENTO EN ROSCA RESULTANTE DEL DIMENSIONAMIENTO PREVIO</b>	426,950 t
---	-----------

<b>DIFERENCIA</b>	0,16%
-------------------	-------

<b>COORDENADAS CDG RESULTANTES DEL CÁLCULO DE PESOS</b>	XG =	22,682 m
	ZG =	3,808 m

<b>COORDENADAS CDG RESULTANTES DEL DIMENSIONAMIENTO PREVIO</b>	XG =	22,705 m
	ZG =	3,779 m

<b>DIFERENCIA</b>	XG =	0,10%
	ZG =	-0,76%

Se adoptan como valores finales del desplazamiento en rosca y las coordenadas del cdg del buque proyecto:

Desplazamiento en rosca:	$\Delta_R = 426,950 \text{ t}$
Posición longitudinal de CDG	$X_G = 22,705 \text{ m}$
Posición vertical del CDG	$Z_G = 3,779 \text{ m}$
Posición transversal del CDG	$Y_G = 0 \text{ m}$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





## REFERENCIAS DEL TEXTO

- [1] *Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto, cálculo del desplazamiento, método directo de Aldwinckle, pp 385. Departamento de publicaciones de la ETSINO. Cartagena 2009.*

## BIBLIOGRAFÍA

DnV. *Rules for classification of Ships. Hull Structural Design, Ships with Length Less than 100 metres.* Oslo 2012

Martínez A. *Cálculo avanzado de estructuras marinas.* Departamento de publicaciones de la ETSINO. Cartagena 2009

Martín Domínguez R. *Cálculo de estructuras de buques.* Sección de publicaciones de la ETSIN, Madrid 1969

*Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto. Departamento de publicaciones de la ETSINO. Cartagena 2009*

Baquerizo, L. (1987): *Lecciones de electricidad aplicada al buque.* Madrid, Fondo editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales y Oceánicos.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



Capítulo

# 3.3

## CAPÍTULO 3.3

**Validación del diseño, condiciones de carga:  
Estabilidad del buque y resistencia longitudinal**

*Una vez fijadas las variables del diseño del Buque proyecto, es necesario efectuar una validación del mismo, la cual se compone de dos fases; la validación de formas y distribución de pesos a través del análisis de la estabilidad y una vez que ha sido aceptado la comprobación de la idoneidad de la estructura*



## 1.- INTRODUCCIÓN

El presente capítulo incluye los cálculos de estabilidad y el análisis de la resistencia longitudinal en los casos de carga necesarios para validar el diseño efectuado hasta este momento.

En un primer lugar se seleccionaron unas formas y unos valores estimados de desplazamiento en rosca y posición del cdg del buque. Posteriormente, con el desarrollo del proyecto se han definido los equipos y servicios del buque así como el escantillonado de su estructura, lo que ha permitido una primera validación del desplazamiento en rosca y la posición del cdg del buque, así como de la distribución de pesos a bordo.

Una vez fijadas estas variables del diseño hay que validarlas para ello se definirán las condiciones de carga significativas que se darán durante la explotación del buque y se efectuará el análisis de la estabilidad y de la resistencia longitudinal en las diferentes condiciones previstas.

Para los cálculos se utilizarán los programas Maxsurf e Hydromax

## 2.- CRITERIOS APLICABLES

Se definen los criterios a aplicar en los cálculos siguientes.

### 2.1.- Criterios de estabilidad

Se aplicará el criterio de estabilidad establecido por la IMO, cuyas exigencias son:

- 1.- El brazo adrizante máximo (GZ máx) será de 0,2 m como mínimo a un ángulo de escora igual o superior a 30°
- 2.- El brazo adrizante máximo (GZ) se dará a un ángulo de escora no inferior a 25°.
- 3.- La altura metacéntrica transversal inicial corregida (GMtcorr) no será inferior a 0,15 m.
- 4.- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre el origen y 30°, no será inferior a 0,065 m rad.
- 5.- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre el origen y 40°, o entre el origen y Qf (áng. inundación), si este ángulo es inferior a 40°, no será inferior a 0,09 m rad.
- 6.- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de 30° ó 40°, ó entre 30° y Qf (ángulo de inundación), si este ángulo es inferior a 40°, no será inferior a 0,03 m.rd.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## 2.2.- Criterios de aceptación de la resistencia longitudinal

Como se vio en el capítulo 3.1 la cuaderna maestra cumple con los criterios de módulo resistente mínimo de los reglamentos del DnV, por lo que se aceptarán las condiciones en las que los momentos flectores máximos queden por debajo de los que se definieron en el capítulo 3.1 a partir de la recomendación de las Reglas B100 y B200 de los reglamentos de la sociedad de clasificación en su parte 3, capítulo 2, sección 4.

## 3.- CONDICIONES DE CARGA

Se analiza la estabilidad para cada una de las condiciones de carga prevista, las cuales, una vez aceptadas, serán también objeto de la validación posterior de la resistencia de la estructura.

Se analizarán las siguientes condiciones de carga:

- Situación de carga nº 1: salida puerto en lastre con el 100% de los consumibles
- Situación de carga nº 2: llegada a puerto en lastre con el 10% de los consumibles
- Situación de carga nº 3: salida de puerto con plena carga de áridos con el 100% de los consumibles
- Situación de carga nº 4: llegada a puerto con plena carga de áridos con el 10% de los consumibles

Cualquier otra condición de carga que pueda darse ya sea de cargas parciales o con diferentes cantidades de consumos a la salida o a la llegada se considerarán englobadas por estas cuatro.

La resistencia longitudinal se analizará para las situaciones de carga nº 2, comparable con la situación de desplazamiento en rosca y para la situación de plena carga que coincide con la condición de carga nº 3.

No se analizará la estabilidad en avería del Buque Proyecto, ya que según las recomendaciones de SOLAS Capítulo II-1, Parte B-1, Regla 25-1 esta condición es únicamente aplicable a buques de eslora superior a 80 m, por lo que no afecta al Buque Proyecto, cuya eslora reglamentaria es inferior a 80 m.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Estabilidad y Resistencia Longitudinal



### 3.1.- Salida puerto en lastre con el 100% de los consumibles

Se incluyen las tablas, datos y gráficos de salida de Maxsurf

PARTIDA	Porcentaje de carga %	Peso unitario (T)	Peso en la actual SC. (T)	Abscisa longitudinal Xg (m.)	Momento longitudinal (T * m)	Abscisa transversal Yg (m)	Momento transversal (T * m)	Ordenada vertical Zg (m)	Momento vertical (T * m)	FSM= I * Y (T * m)
Peso en rosca	100%	426,950	426,950	22,705	9693,900	0,000	0,000	3,778	1613,017	
Pique de proa	100%	16,685	16,685	47,718	796,175	0,000	0,000	2,572	42,914	
Lastre Nº 1 Er	100%	58,134	58,134	39,703	2308,094	1,712	99,525	0,821	47,728	
Lastre Nº 1 Br	100%	58,134	58,134	39,703	2308,094	-1,712	-99,525	0,821	47,728	
Lastre Nº 2 Er	100%	56,233	56,233	27,351	1538,029	2,869	161,332	0,542	30,478	
Lastre Nº 2 Br	100%	56,233	56,233	27,351	1538,029	-2,869	-161,332	0,542	30,478	
Lastre Nº 3 Er	100%	19,700	19,700	14,497	285,591	3,037	59,829	0,550	10,835	
Lastre Nº 3 Br	100%	19,700	19,700	14,497	285,591	-3,037	-59,829	0,550	10,835	
D.O. Nº2 cen pr	100%	15,697	15,697	27,550	432,452	0,000	0,000	0,535	8,398	
D.O. Nº2 cen pp	100%	23,541	23,541	21,749	511,993	0,000	0,000	0,535	12,594	27,587
Lastre Nº 3 centro	100%	35,907	35,907	13,919	499,790	0,000	0,000	0,535	19,210	
Pique de popa	100%	15,853	15,853	2,235	35,431	0,000	0,000	2,967	47,036	
Tanque agua dulce	100%	6,825	6,825	-0,100	-0,683	0,000	0,000	3,427	23,389	
Tanque de aceite	100%	0,920	0,920	8,627	7,937	-3,099	-2,851	2,299	2,115	
Tanque de sentinas	100%	0,600	0,600	1,967	1,180	0,150	0,090	6,650	3,990	
Tanque de lodos	100%	0,500	0,500	7,709	3,855	1,794	0,897	0,759	0,380	
Tanque de aguas negras	100%	0,300	0,300	4,150	1,245	0,000	0,000	1,800	0,540	
D.O. Servicio Diario Er	100%	0,840	0,840	1,798	1,510	0,250	0,210	5,167	4,340	
D.O. Servicio Diario Br	100%	0,840	0,840	1,798	1,510	-0,250	-0,210	5,167	4,340	
Pertrechos	100%	1,500	1,500	25,000	37,500	0,000	0,000	4,000	6,000	
Almacén	100%	1,000	1,000	7,000	7,000	0,000	0,000	6,000	6,000	
Totales			816,092		20294,224		-1,864		1972,346	27,587
				24,868		-0,002		2,417		0,034

#### RESULTADOS

Desplazamiento t	816,092	LCB desde Perp. Popa m	24,854
Calado en Perp. proa m	2,179	KB m	1,231
Calado en Perp. popa m	2,608	BMt m	2,743
Calado en LCF m	2,395	KMt m	3,974
Escora grados	0	KG m	2,417
Asiento m	0,429	GMt corregido m	1,523
		Angulo asiento (+ popa) °	0,4913

ESTABILIDAD ESTÁTICA					ESTABILIDAD DINÁMICA
θ	KN (m)	KG sen θ	Corrección por Sup. Lib.	GZ correg.	Bd (m x rad)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,693	0,420	0,006	0,268	0,023
20	1,414	0,827	0,011	0,576	0,096
30	2,173	1,209	0,012	0,952	0,228
40	2,823	1,554	0,012	1,258	0,424
50	3,215	1,852	0,011	1,353	0,655
60	3,424	2,093	0,010	1,321	0,889
70	3,451	2,271	0,008	1,172	1,110

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

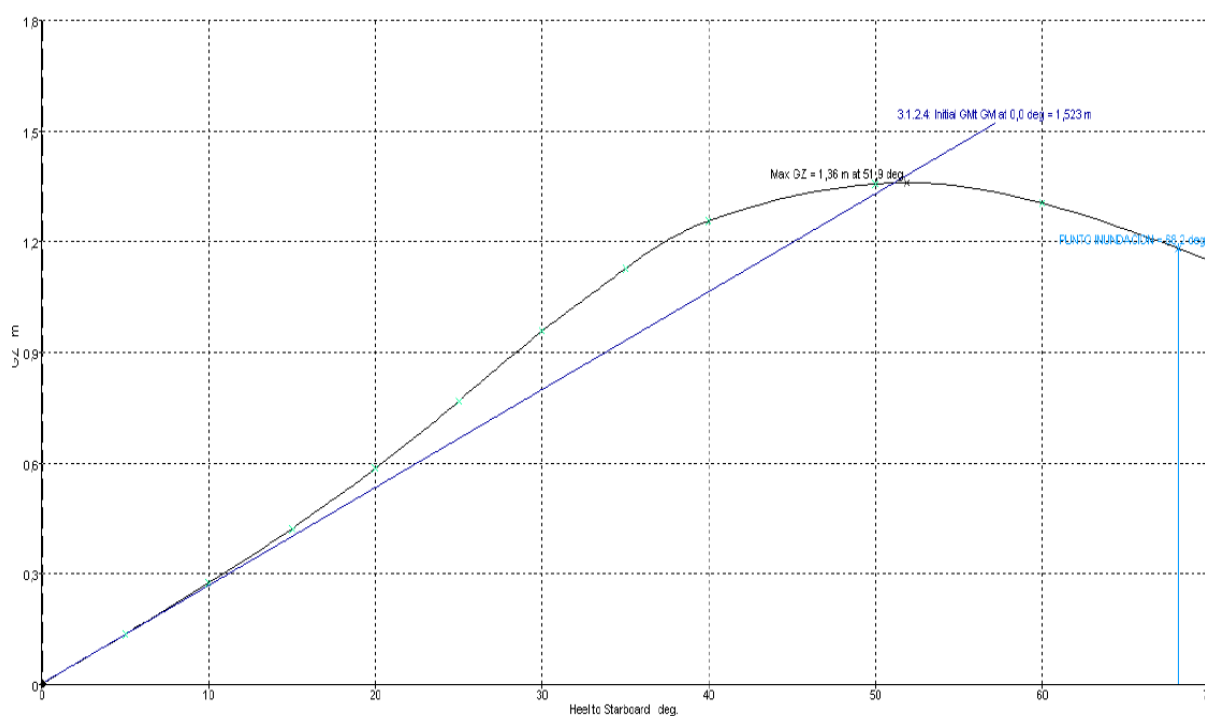
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.1.1. Cumplimiento de criterios:

		Valor real	Situación	Margen %
A.749(18) Ch3 3.1.2.2: Max GZ a 30° ó mayor shall not be less than ( $\geq$ )	0,2 m	51,9° 1,360	Cumple	580
A.749(18) Ch 3 3.1.2.3: Angulo de máximo GZ no será menor de ( $\geq$ )	25°	51,9°	Cumple	107,6
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 0 a 30° no será menor de ( $\geq$ )	0,065 m.rad	0,228	Cumple	251,5
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 0 a 40° ó $\theta f$ no será menor de ( $\geq$ )	0,09 m.rad	0 a 40 0,424	Cumple	371,2
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 30° a 40° ó $\theta f$ no será menor de ( $\geq$ )	0,03 m.rad	30 a 40 0,196	Cumple	552,2
Angulo de inundación	$\theta f = 68,2^\circ$			
A.749(18) Ch3 3.1.2.4: GMt inicial no será menor de ( $\geq$ )	0,15 m	1,523	Cumple	915,3

### 3.1.2.- Curvas de estabilidad estática y dinámica



TUTOR:

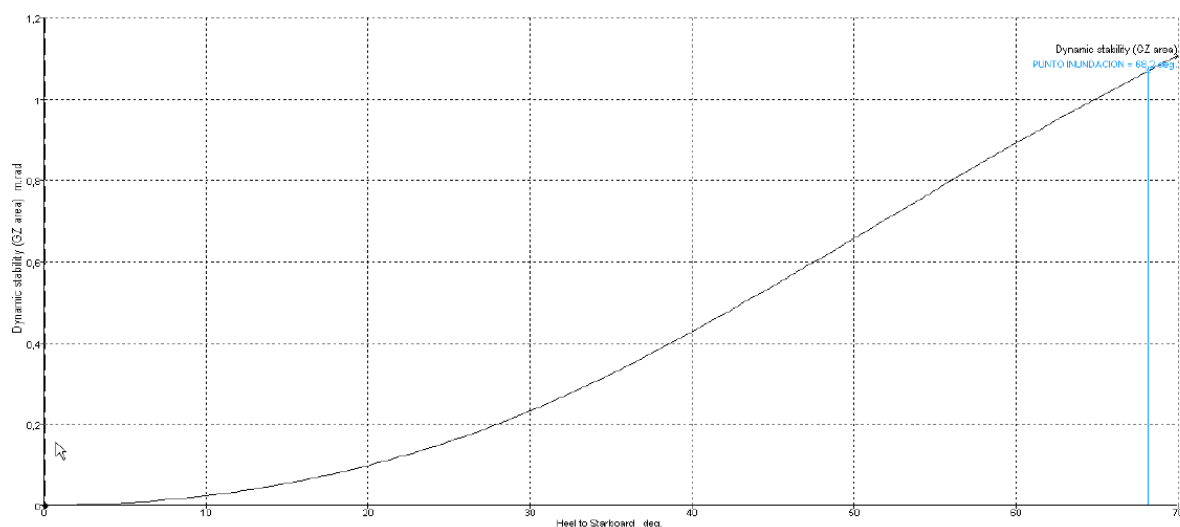
D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Estabilidad y Resistencia Longitudinal



### 3.2.- Llegada a puerto en lastre, con el 10% de consumibles

PARTIDA	Porcentaje de carga %	Peso unitario (T)	Peso en la actual SC. (T)	Abscisa longitudinal Xg (m.)	Momento longitudinal (T * m)	Abscisa transversal Yg (m)	Momento transversal (T * m)	Ordenada vertical Zg (m)	Momento vertical (T * m)	FSM= I* y (T * m)
Peso en rosca	100%	426,950	426,950	22,705	9693,900	0,000	0,000	3,779	1613,444	
Pique de proa	100%	16,685	16,685	47,718	796,175	0,000	0,000	2,572	42,914	
Lastre Nº 1 Er	100%	58,134	58,134	39,703	2308,094	1,712	99,525	0,821	47,728	
Lastre Nº 1 Br	100%	58,134	58,134	39,703	2308,094	-1,712	-99,525	0,821	47,728	
Lastre Nº 2 Er	100%	56,233	56,233	27,351	1538,029	2,869	161,332	0,542	30,478	
Lastre Nº 2 Br	100%	56,233	56,233	27,351	1538,029	-2,869	-161,332	0,542	30,478	
Lastre Nº 3 Er	100%	19,700	19,700	14,497	285,591	3,037	59,829	0,550	10,835	
Lastre Nº 3 Br	100%	19,700	19,700	14,497	285,591	-3,037	-59,829	0,550	10,835	
D.O. Nº2 cen pr	10%	15,697	1,570	27,548	43,242	0,000	0,000	0,054	0,085	
D.O. Nº2 cen pp	10%	23,541	2,354	21,749	51,199	0,000	0,000	0,054	0,127	27,587
Lastre Nº 3 centro	100%	35,907	35,907	13,919	499,790	0,000	0,000	0,535	19,210	
Pique de popa	10%	15,853	1,585	2,705	4,288	0,000	0,000	1,160	1,839	
Tanque agua dulce	10%	6,825	0,683	0,125	0,085	0,000	0,000	2,884	1,968	
Tanque de aceite	100%	0,920	0,920	8,627	7,937	-3,099	-2,851	2,299	2,115	
Tanque de sentinas	100%	0,600	0,600	1,967	1,180	0,150	0,090	6,650	3,990	
Tanque de lodos	100%	0,500	0,500	7,709	3,855	1,794	0,897	0,759	0,380	
Tanque de aguas negras	100%	0,300	0,300	4,150	1,245	0,000	0,000	1,800	0,540	
D.O. Servicio Diario Er	100%	0,840	0,840	1,798	1,510	0,250	0,210	5,167	4,340	
D.O. Servicio Diario Br	100%	0,840	0,840	1,798	1,510	-0,250	-0,210	5,167	4,340	
Pertrechos	100%	1,500	1,500	25,000	37,500	0,000	0,000	4,000	6,000	
Almacén	10%	1,000	0,100	7,000	0,700	0,000	0,000	6,000	0,600	
<b>Totales</b>			<b>759,468</b>	<b>25,554</b>	<b>19407,544</b>	<b>-0,002</b>	<b>-1,864</b>	<b>2,475</b>	<b>1879,975</b>	<b>27,587</b>
										<b>0,036</b>

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



# Buque Costero de Carga General

## Estabilidad y Resistencia Longitudinal



### RESULTADOS

Desplazamiento t	759,468	LCB desde Perp. Popa m	25,557
Calado en Perp. proa m	2,292	KB m	1,148
Calado en Perp. popa m	2,187	BMt m	2,873
Calado en LCF m	2,240	KMt m	4,021
Escora grados	0	KG m	2,475
Asiento m	-0,105	GMt corregido m	1,510
		Angulo asiento (+ popa) °	-0,1202

ESTABILIDAD ESTÁTICA					ESTABILIDAD DINÁMICA
$\theta$	KN (m)	KG sen $\theta$	Corrección por Sup. Lib.	GZ correg.	Bd (m x rad)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,707	0,430	0,006	0,271	0,024
20	1,445	0,846	0,012	0,587	0,097
30	2,207	1,238	0,013	0,956	0,232
40	2,842	1,591	0,013	1,238	0,426
50	3,238	1,896	0,012	1,330	0,653
60	3,447	2,143	0,010	1,293	0,883
70	3,469	2,326	0,008	1,135	1,097

### 3.2.1. Cumplimiento de criterios:

		Valor real	Situación	Margen %
A.749(18) Ch3 3.1.2.2: Max GZ a 30° ó mayor shall not be less than ( $\geq$ )	0,2 m	51,9° 1,33	Cumple	565
A.749(18) Ch 3 3.1.2.3: Angulo de máximo GZ no será menor de ( $\geq$ )	25°	51,9°	Cumple	107,6
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 0 a 30° no será menor de ( $\geq$ )	0,065 m.rad	0,232	Cumple	256,3
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 0 a 40° ó $\theta f$ no será menor de ( $\geq$ )	0,09 m.rad	0 a 40 0,426	Cumple	373,3
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 30° a 40° ó $\theta f$ no será menor de ( $\geq$ )	0,03 m.rad	30 a 40 0,194	Cumple	547,9
Angulo de inundación	$\theta f = 74,8^\circ$			
A.749(18) Ch3 3.1.2.4: GMt inicial no será menor de ( $\geq$ )	0,15 m	1,510	Cumple	906,7

TUTOR:

D. Germán Romero

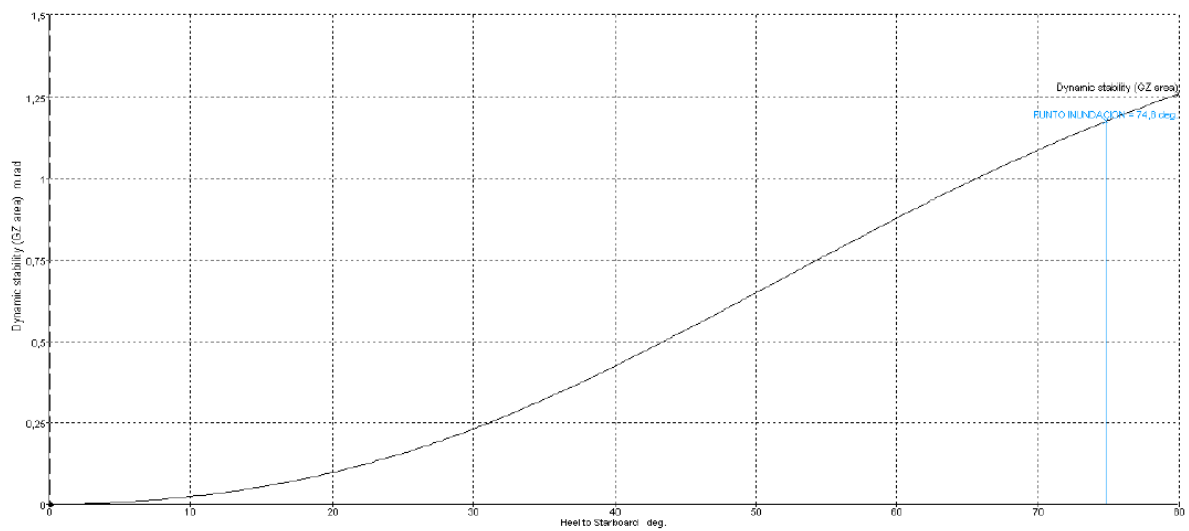
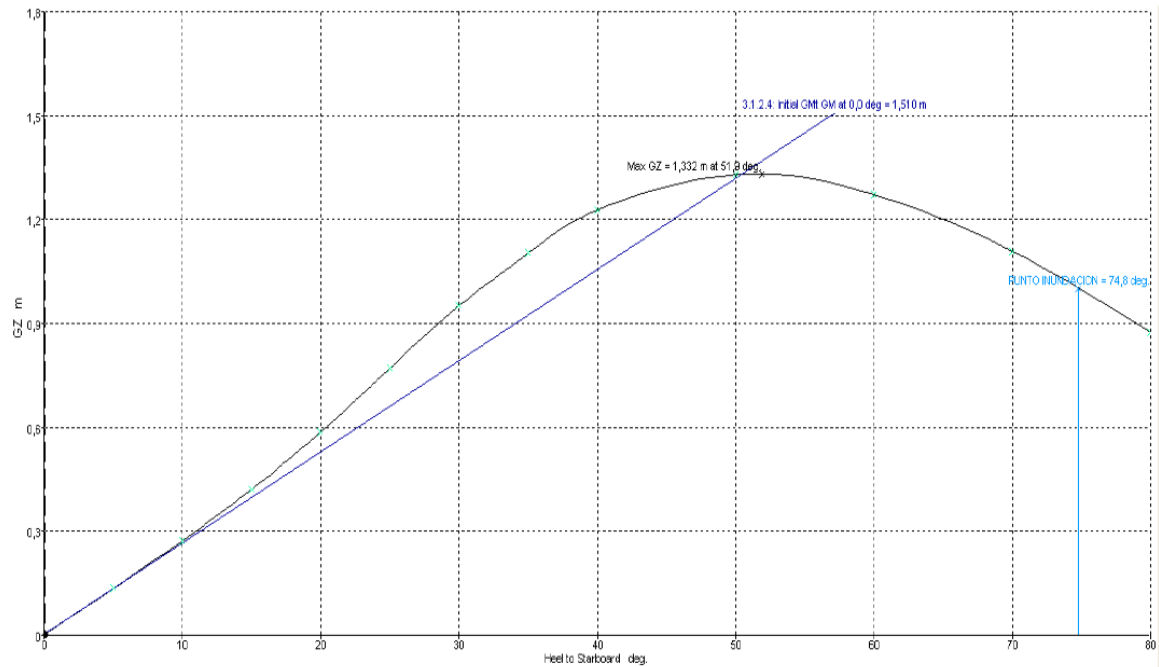
ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





### 3.2.2.- Curvas de estabilidad estática y dinámica



TUTOR:

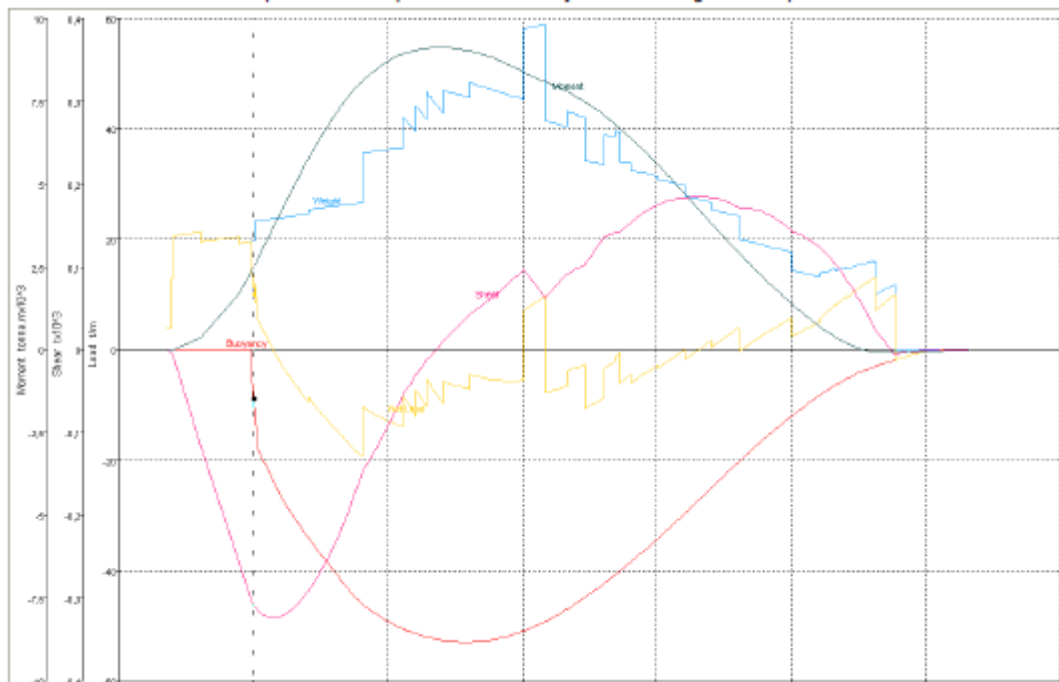
ALUMNO:

D. Germán Romero

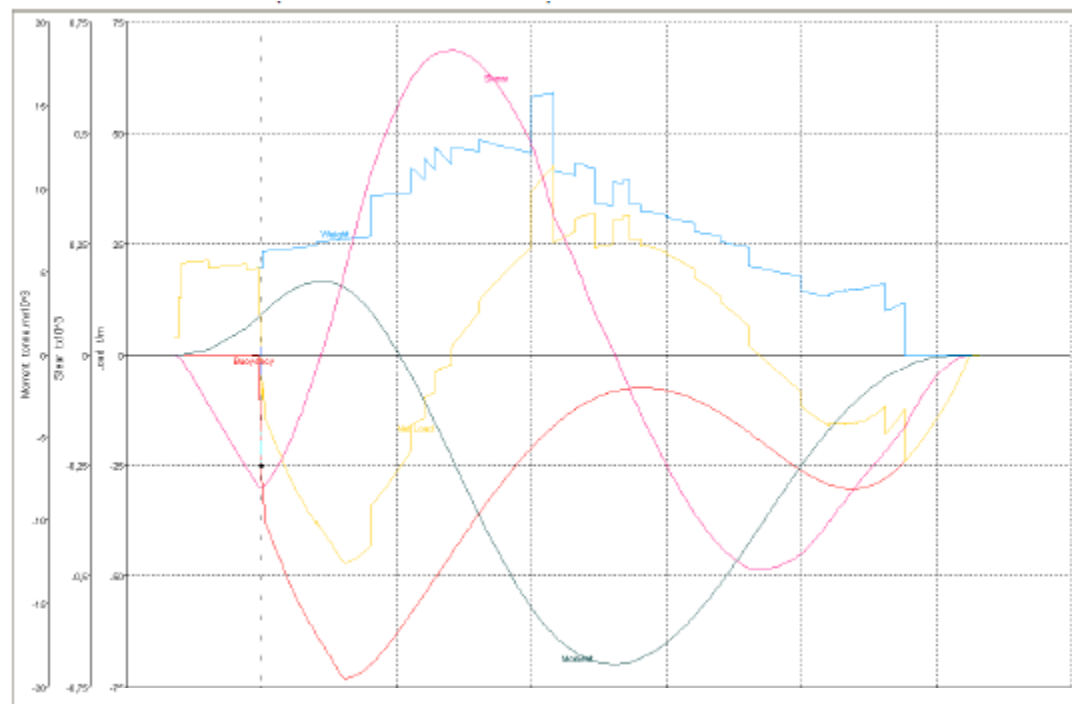
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.2.3.-Resistencia longitudinal en aguas tranquilas



### 3.2.4.-Resistencia longitudinal con ola trocoidal



TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Estabilidad y Resistencia Longitudinal



### 3.3.- Salida de puerto con plena carga de áridos y 100% de consumibles

PARTIDA	Porcentaje de carga %	Peso unitario (T)	Peso en la actual SC. (T)	Abscisa longitudinal Xg (m.)	Momento longitudinal (T * m)	Abscisa transversal Yg (m)	Momento transversal (T * m)	Ordenada vertical Zg (m)	Momento vertical (T * m)	FSM= I * Y (T * m)
Peso en rosca	100%	426,950	426,950	22,705	9693,900	0,000	0,000	3,779	1613,444	
Pique de proa	0%	16,685	0,000	47,718	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 1 Er	0%	58,134	0,000	39,703	0,000	1,712	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 1 Br	0%	58,134	0,000	39,703	0,000	-1,712	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 2 Er	0%	56,233	0,000	27,351	0,000	2,869	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 2 Br	0%	56,233	0,000	27,351	0,000	-2,869	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 3 Er	0%	19,700	0,000	14,497	0,000	3,037	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 3 Br	0%	19,700	0,000	14,497	0,000	-3,037	0,000	0,000	0,000	
D.O. Nº2 cen pr	100%	15,697	15,697	27,550	432,452	0,000	0,000	0,535	8,398	
D.O. Nº2 cen pp	100%	23,541	23,541	21,749	511,993	0,000	0,000	0,535	12,594	27,587
Lastre Nº 3 centro	0%	35,907	0,000	13,919	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Pique de popa	100%	15,853	15,853	2,235	35,431	0,000	0,000	2,967	47,036	
Tanque agua dulce	100%	6,825	6,825	-0,100	-0,683	0,000	0,000	3,427	23,389	
Tanque de aceite	100%	0,920	0,920	8,627	7,937	-3,099	-2,851	2,299	2,115	
Tanque de sentinas	100%	0,600	0,600	1,967	1,180	0,150	0,090	6,650	3,990	
Tanque de lodos	100%	0,500	0,500	7,709	3,855	1,794	0,897	0,759	0,380	
Tanque de aguas negras	100%	0,300	0,300	4,150	1,245	0,000	0,000	1,800	0,540	
D.O. Servicio Diario Er	100%	0,840	0,840	1,798	1,510	0,250	0,210	5,167	4,340	
D.O. Servicio Diario Br	100%	0,840	0,840	1,798	1,510	-0,250	-0,210	5,167	4,340	
Pertrechos	100%	1,500	1,500	25,000	37,500	0,000	0,000	4,000	6,000	
Almacén	100%	1,000	1,000	7,000	7,000	0,000	0,000	6,000	6,000	
Bodega carga	100%	764,600	764,600	25,700	19650,220	0,000	0,000	2,520	1926,792	
Totales			1259,966	24,116	30385,051	-0,001	-1,864	2,904	3659,359	27,587
										0,022

#### RESULTADOS

Desplazamiento t	1259,966	LCB desde Perp. Popa m	24,098
Calado en Perp. proa m	3,086	KB m	1,850
Calado en Perp. popa m	3,923	BMt m	1,995
Calado en LCF m	3,531	KMt m	3,845
Escora grados	0	KG m	2,904
Asiento m	0,837	GMt corregido m	0,919
		Angulo asiento (+ popa) °	0,9598

ESTABILIDAD ESTÁTICA					ESTABILIDAD DINÁMICA
θ	KN (m)	KG sen θ	Corrección	GZ correg.	Bd (m x rad)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,667	0,504	0,004	0,159	0,014
20	1,343	0,993	0,007	0,343	0,057
30	2,022	1,452	0,008	0,562	0,136
40	2,591	1,867	0,008	0,717	0,249
50	2,977	2,225	0,007	0,745	0,378

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

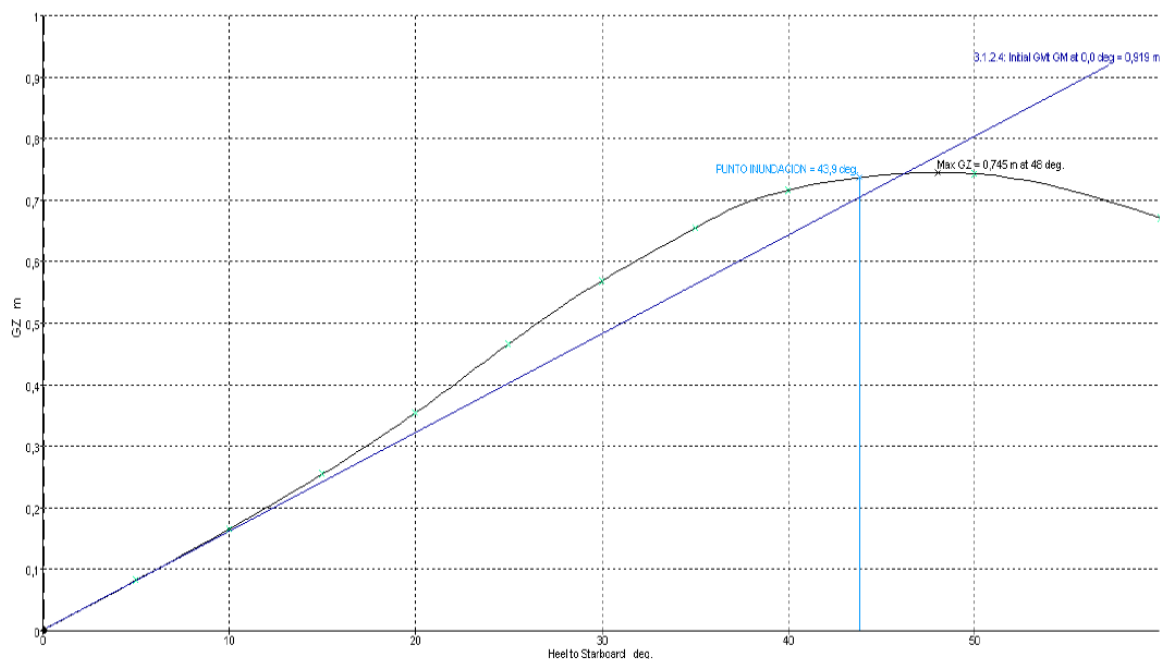
Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.3.1. Cumplimiento de criterios

		Valor real	Situación	Margen %
A.749(18) Ch3 3.1.2.2: Max GZ a 30 ó mayor shall not be less than ( $\geq$ )	0,2 m	48° 0,745	Cumple	272,5
A.749(18) Ch 3 3.1.2.3: Angulo de máximo GZ no será menor de ( $\geq$ )	25°	48°	Cumple	92
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 0 a 30 no será menor de ( $\geq$ )	0,065 m.rad	0,136	Cumple	108,6
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 0 a 40 ó 0f no será menor de ( $\geq$ )	0,09 m.rad	0 a 40 0,249	Cumple	177,1
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 30 a 40 ó 0f no será menor de ( $\geq$ )	0,03 m.rad	30 a 40 0,114	Cumple	279,3
Angulo de inundación	$\theta_f = 43,9^\circ$			
A.749(18) Ch3 3.1.2.4: GMt inicial no será menor de ( $\geq$ )	0,15 m	0,919	Cumple	512,7

### 3.3.2.- Curvas de estabilidad estática y dinámica



TUTOR:

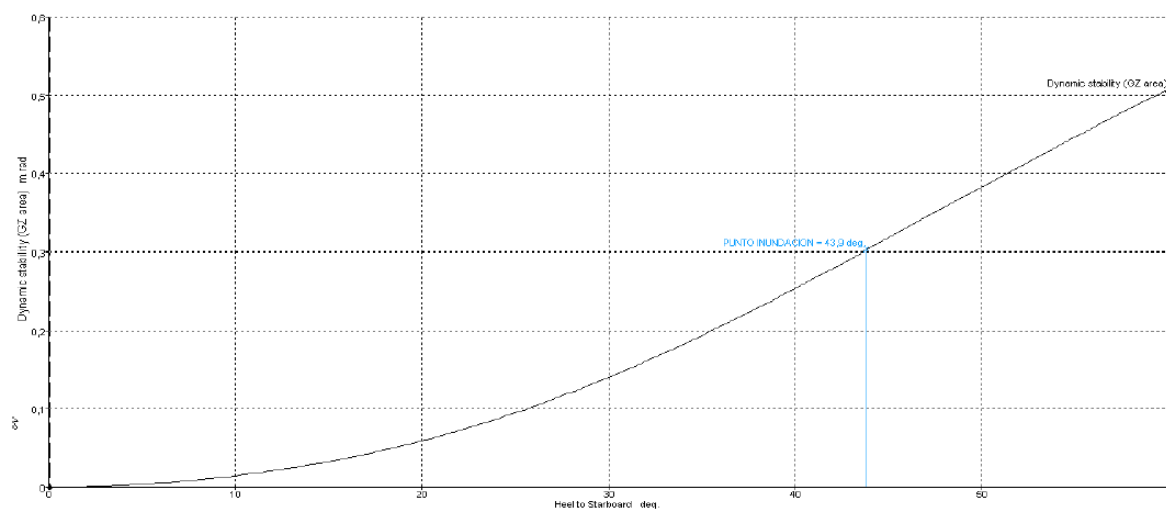
D. Germán Romero

ALUMNO:

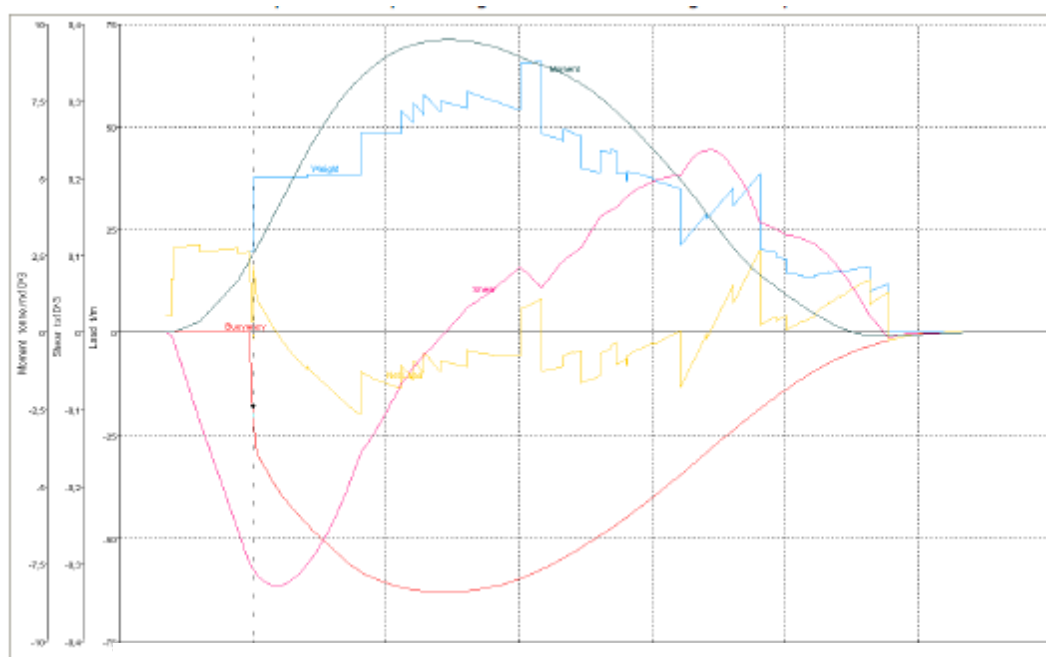
Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Estabilidad y Resistencia Longitudinal



### 3.3.3.-Resistencia longitudinal a plena carga en aguas tranquilas



TUTOR:

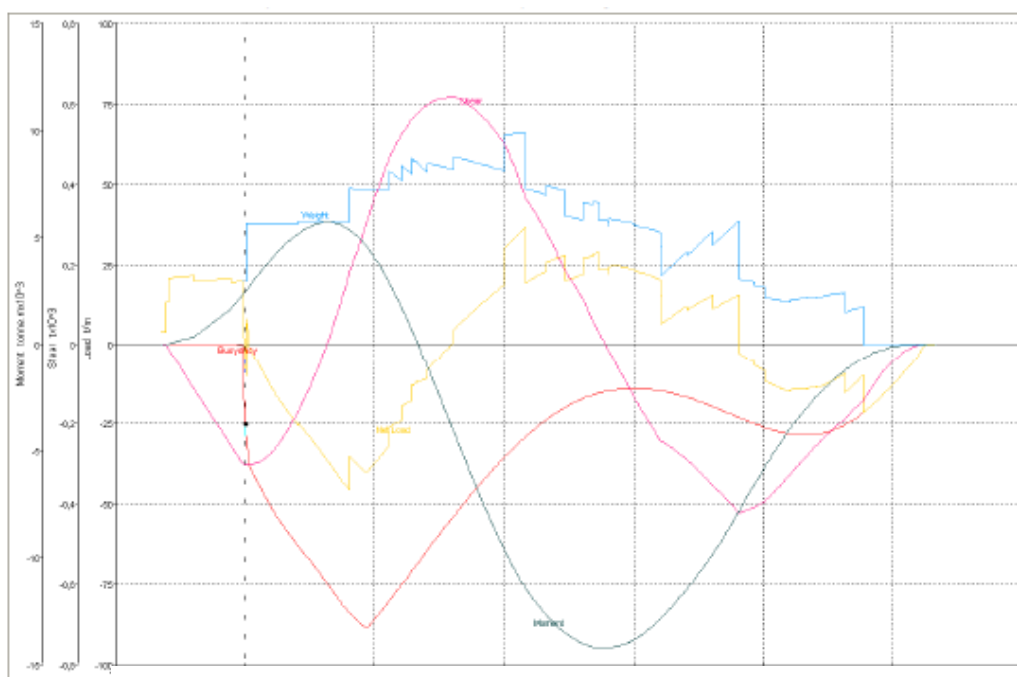
ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.3.3.-Resistencia longitudinal plena carga en ola trocoidal



### 3.4.- Llegada a puerto con plena carga de áridos y 10% de consumibles

PARTIDA	Porcentaje de carga %	Peso unitario (T)	Peso en la actual SC. (T)	Abscisa longitudinal Xg (m.)	Momento longitudinal (T * m)	Abscisa transversal Yg (m)	Momento transversal (T * m)	Ordenada vertical Zg (m)	Momento vertical (T * m)	FSM= I * γ (T * m)
Peso en rosca	100%	426,950	426,950	22,705	9693,900	0,000	0,000	3,779	1613,444	
Pique de proa	0%	16,685	0,000	47,718	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 1 Er	0%	58,134	0,000	39,703	0,000	1,712	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 1 Br	0%	58,134	0,000	39,703	0,000	-1,712	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 2 Er	0%	56,233	0,000	27,351	0,000	2,869	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 2 Br	0%	56,233	0,000	27,351	0,000	-2,869	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 3 Er	0%	19,700	0,000	14,497	0,000	3,037	0,000	0,000	0,000	
Lastre Nº 3 Br	0%	19,700	0,000	14,497	0,000	-3,037	0,000	0,000	0,000	
D.O. Nº2 cen pr	10%	15,697	1,570	27,548	43,242	0,000	0,000	0,054	0,085	
D.O. Nº2 cen pp	10%	23,541	2,354	21,749	51,199	0,000	0,000	0,054	0,127	27,587
Lastre Nº 3 centro	0%	35,907	0,000	13,919	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Pique de popa	10%	15,853	1,585	2,705	4,288	0,000	0,000	1,160	1,839	
Tanque agua dulce	10%	6,825	0,683	0,125	0,085	0,000	0,000	2,884	1,968	
Tanque de aceite	100%	0,920	0,920	8,627	7,937	-3,099	-2,851	2,299	2,115	
Tanque de sentinas	100%	0,600	0,600	1,967	1,180	0,150	0,090	6,650	3,990	
Tanque de lodos	100%	0,500	0,500	7,709	3,855	1,794	0,897	0,759	0,380	
Tanque de aguas negras	100%	0,300	0,300	4,150	1,245	0,000	0,000	1,800	0,540	
D.O. Servicio Diario Er	100%	0,840	0,840	1,798	1,510	0,250	0,210	5,167	4,340	
D.O. Servicio Diario Br	100%	0,840	0,840	1,798	1,510	-0,250	-0,210	5,167	4,340	
Pertrechos	100%	1,500	1,500	25,000	37,500	0,000	0,000	4,000	6,000	
Almacén	10%	1,000	0,100	7,000	0,700	0,000	0,000	6,000	0,600	
Bodega carga	100%	764,600	764,600	25,700	19650,220	0,000	0,000	2,520	1926,792	
Totales			1203,342	24,514	29498,372	-0,002	-1,864	2,964	3566,560	27,587
										0,023

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Estabilidad y Resistencia Longitudinal



### RESULTADOS

Desplazamiento t	1203,342
Calado en Perp. proa m	3,123
Calado en Perp. popa m	3,628
Calado en LCF m	3,390
Escora grados	0
Asiento m	0,505

LCB desde Perp. Popa m	24,506
KB m	1,769
BMt m	2,057
KMt m	3,826
KG m	2,964
GMt corregido m	0,839
Angulo asiento (+ popa) °	0,5785

ESTABILIDAD ESTÁTICA					ESTABILIDAD DINÁMICA
$\theta$	KN (m)	KG sen $\theta$	Corrección	GZ correg.	Bd (m x rad)
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10	0,667	0,515	0,004	0,148	0,013
20	1,343	1,014	0,007	0,322	0,053
30	2,022	1,482	0,008	0,532	0,127
40	2,591	1,905	0,008	0,678	0,235
50	2,982	2,271	0,007	0,704	0,357

### 3.4.1. Cumplimiento de criterios

		Valor real	Situación	Margen %
A.749(18) Ch3 3.1.2.2: Max GZ a 30 ó mayor shall not be less than ( $\geq$ )	0,2 m	47° 0,737	Cumple	268,5
A.749(18) Ch 3 3.1.2.3: Angulo de máximo GZ no será menor de ( $\geq$ )	25°	47°	Cumple	88
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 0 a 30 no será menor de ( $\geq$ )	0,065 m.rad	0,127	Cumple	96,0
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 0 a 40 ó $\theta_f$ no será menor de ( $\geq$ )	0,09 m.rad	0 a 40 0,235	Cumple	161,3
A.749(18) Ch3 3.1.2.1: Area 30 a 40 ó $\theta_f$ no será menor de ( $\geq$ )	0,03 m.rad	30 a 40 0,108	Cumple	259,1
Angulo de inundación	$\theta_f = 48,8^\circ$			
A.749(18) Ch3 3.1.2.4: GMt inicial no será menor de ( $\geq$ )	0,15 m	0,839	Cumple	459,3

TUTOR:

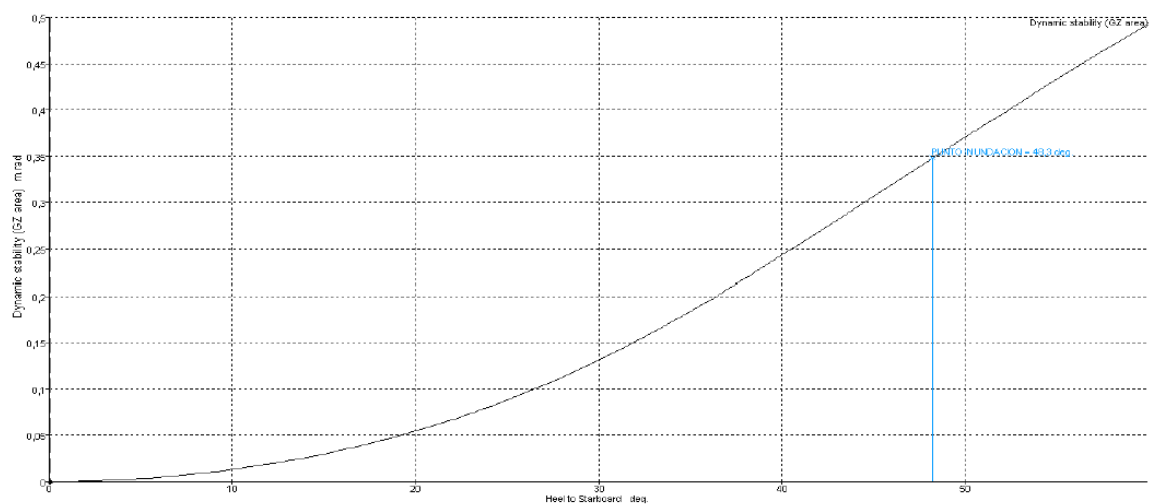
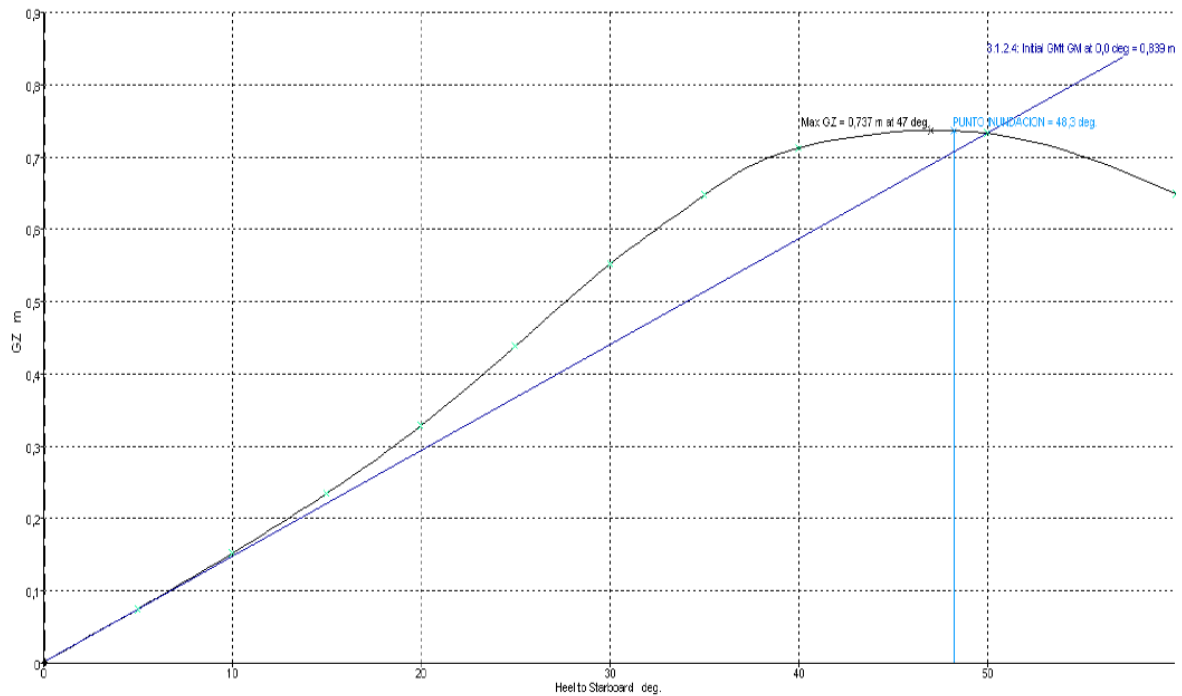
D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 3.4.2.- Curvas de estabilidad estática y dinámica



TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez





#### 4.- CONCLUSIONES

Una vez analizada la estabilidad en las diferentes condiciones de carga, se comprueba que en todas ellas el buque cumple con los criterios establecidos por la IMO, por lo que se puede dar por válido el diseño; es decir, sus formas y la distribución de sus pesos

TUTOR:

ALUMNO:

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



## BIBLIOGRAFÍA

DnV. *Rules for classification of Ships. Hull Structural Design, Ships with Length Less than 100 metres.* Oslo 2012

*Apuntes de proyectos: evaluación técnica del proyecto. Departamento de publicaciones de la ETSINO. Cartagena 2009*

“SOLAS 74/88. Consolidado 08”. IMO. London 2008

Hydromax V11.03. FORMSYS.

Maxsurf user manual V11”. FORMSYS

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS NAVALES  
Y  
OCEÁNICOS**



**PROYECTO FIN DE CARRERA  
BUQUE COSTERO DE CARGA GENERAL**

**VOLUMEN 4**

**PRESUPUESTO**

# ***Buque Costero de Carga General***

## ***Presupuesto***



El volumen 4 comprende un único capítulo el cual presenta el presupuesto de construcción del Buque Proyecto

Capítulo 4.1: Cuaderno 12, Presupuesto

*TUTOR:*

*ALUMNO:*

*D. Germán Romero*

*Francisco J. Arrazola Méndez*



Capítulo

4.1

# CAPÍTULO 4.1

## Presupuesto

*Definido el Buque Proyecto en su totalidad, se valora su construcción en este capítulo mediante la ejecución del presupuesto*



## 1.- CRITERIOS DE ELABORACIÓN

La DGMM ha establecido un formato para elaboración de los presupuestos que permite hacer comparaciones por partidas homogénea.

El presupuesto efectuado en este capítulo responde a las partidas o Conceptos de que consta este formato.

Por tanto, conforme a este formato, el Libro de Conceptos consta de los siguientes capítulos o partidas:

- Casco.
- Equipo, armamento e instalaciones.
- Maquinaria auxiliar de cubierta.
- Instalación propulsora.
- Maquinaria auxiliar de propulsión.
- Cargos, pertrechos y respetos.
- Instalaciones especiales.

## 2.- PRESUPUESTO DE LAS PARTIDAS

Debido a que el coste de construcción no es único, ya que depende de factores propios de cada astillero la solución aquí presentado no se puede considerar única; aunque hay criterios generales como que indican que el costo de los materiales y equipos, suelen oscilar en torno a los dos tercios del costo total del buque.

### 2.1- Coste del casco

El coste del casco incluye como suministros el acero, y los consumibles de soldadura. Se incluye en el coste de de la mano de obra (MDO) los costes de manipulación, preparación, corte y soldeo.

Se ha presentado un precio de mano de obra en función del oficio o especialidad que aplica en cada operación. En la actualidad los precios han bajado significativamente respecto de años anteriores, lo que provoca que el importe final de la construcción resulte relativamente bajo, aunque la carga de trabajo obviamente se mantiene.

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez

# Buque Costero de Carga General

## Presupuesto



Los precios de mano de obra son valores promedio, ya que no supone el mismo importe un jefe de equipo o un especialista que un peón. No obstante se ha valorado a precio de mercado actual.

COSTE DEL CASCO				
PARTIDA	IMPORTE MATERIALES €	PRECIO PROMEDIO DE MDO POR OFICIO €/h	HORAS DE MDO	IMPORTE MDO €
Chapas y perfiles de acero	205.000,00	35,00	5.200,00	182.000,00
Palos	19.400,00	35,00	375,00	13.125,00
Polines	14.200,00	35,00	450,00	15.750,00
Piezas fundidas y forjadas	27.800,00	35,00	390,00	13.650,00
Timón y accesorios	68.400,00	35,00	400,00	14.000,00
Materiales auxiliares de construcción del casco	12.700,00	35,00	160,00	5.600,00
Preparación de superficies (imprimación y granallado)	8.450,00	20,00	50,00	1.000,00
Pintura exterior (obra viva)	13.200,00	22,00	80,00	1.760,00
Pintura exterior (obra muerta)	9.300,00	22,00	80,00	1.760,00
Pintura interior	11.650,00	22,00	120,00	2.640,00
Pintura tuberías	12.500,00	25,00	280,00	7.000,00
Galvanizado	5.400,00	25,00	45,00	1.125,00
Protección catódica	6.150,00	30,00	90,00	2.700,00
<b>TOTALES</b>	<b>414.150,00</b>			<b>262.110,00</b>

Por tanto, el coste total del casco asciende a:

$$\text{Coste Casco} = 676.260 \text{ €}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 2.2.- Coste del equipo, armado e instalaciones

EQUIPO, ARMADO E INSTALACIONES				
PARTIDA	IMPORTE MATERIALES €	PRECIO PROMEDIO DE MDO DE INSTALACIÓN €/h	HORAS DE MDO	IMPORTE MDO €
Anclas	5.100	30	40	1.200
Cadenas, cables y estachas	3.400	30	16	480
Balsas salvavidas	4.100	30	16	480
Dispositivo de lanzamiento de botes y balsas	1.967	30	32	960
Varios (aros, chalecos, señales, etc.)	4.500	30	8	240
Habilitación de alojamientos	46.500	30	120	3.600
Cocina	15.847	30	40	1.200
Gambuzas frigoríficas	1.500	30	16	480
Equipos de lavandería y varios	1.654	30	8	240
Equipos de calefacción y aire acondicionado	12.000	30	16	480
Equipos de navegación	35.000	30	32	960
Equipos auxiliares de navegación	8.299	30	24	720
Comunicaciones externas	1.750	30	16	480
Comunicaciones internas	2.500	30	16	480
Medios C.I. convencionales	1.619	30	32	960
Instalación eléctrica	47.675	30	96	2.880
Tuberías	9.712	30	96	2.880
Puertas metálicas, ventanas y portillos	11.477	30	24	720
Escaleras, pasamanos y candeleros	11.700	30	32	960
Escotillas de acceso, lumbreras y registros	6.636	30	32	960
Accesorios de fondeo y amarre	2.428	30	24	720
Escalas reales y de práctico	3.014	30	8	240
<b>TOTALES</b>	<b>238.379</b>			<b>22.320</b>

Coste de equipo, armado e instalaciones = 260.699 €

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez





### 2.3.- Coste de la maquinaria auxiliar de cubierta

MAQUINARIA AUXILIAR DE CUBIERTA				
PARTIDA	IMPORTE MATERIALES €	PRECIO PROMEDIO DE MDO DE INSTALACIÓN €/h	HORAS DE MDO	IMPORTE MDO €
Servomotor	5.600	40	96	3.840
Molinete	11.500	40	150	6.000
Chigre de maniobra de popa	6.700	40	80	3.200
<b>TOTALES</b>	<b>23.800</b>			<b>13.040</b>

Coste de la maquinaria auxiliar de cubierta = 36.840 €

### 2.4.- Coste de la instalación propulsora

INSTALACIÓN PROPULSORA				
PARTIDA	IMPORTE MATERIALES €	PRECIO PROMEDIO DE MDO DE INSTALACIÓN €/h	HORAS DE MDO	IMPORTE MDO €
Motor principal incluida la reductora	165.000	40	280	11.200
Eje	4.500	40	125	5.000
Bocina y sus cierres	1.500	30	80	2.400
Hélice	8.000	30	32	960
<b>TOTALES</b>	<b>179.000</b>			<b>19.560</b>

Coste de la maquinaria auxiliar de cubierta = 198.560 €

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



### 2.5.- Coste de la maquinaria auxiliar de la propulsión

MAQUINARIA AUXILIAR DE LA PROPULSIÓN				
PARTIDA	IMPORTE MATERIALES €	PRECIO PROMEDIO DE MDO DE INSTALACIÓN €/h	HORAS DE MDO	IMPORTE MDO €
Equipos de circulación, refrigeración y lubricación	3.500	35	240	8.400
Equipo de arranque de los motores	3.600	35	120	4.200
Equipo de manejo de combustible	1.200	35	120	4.200
Equipo de purificación	1.800	35	60	2.100
Equipo de manejo de lodos	4.500	30	48	1.440
Bombas de C.I. de lastre, de servicios generales y de sentinas	6.800	30	120	3.600
Separador de sentinas y sus bombas	6.200	30	60	1.800
Generador de agua dulce	2.700	35	32	1.120
Grupos hidróforos	3.600	30	48	1.440
Ventiladores	7.200	35	120	4.200
Equipos de desmontaje	3.000	25	8	200
Taller de máquinas	2.500	25	8	200
<b>TOTAL</b>	<b>46.600</b>			<b>32.900</b>

Coste de la maquinaria auxiliar de la propulsión = 79.500 €

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 2.6.- Coste de cargos y respetos

CARGOS Y RESPETOS				
PARTIDA	IMPORTE MATERIALES €	PRECIO PROMEDIO DE MDO DE INSTALACIÓN €/h	HORAS DE MDO	IMPORTE MDO €
Cargos y respetos reglamentarios	3.850	30	120	3.600
Cargos y respetos no reglamentarios	650			
TOTAL	4.500			3.600

Coste de cargos y respetos = 79.500 €

### 2.7.- Coste de instalaciones especiales

INSTALACIONES ESPECIALES				
PARTIDA	IMPORTE MATERIALES €	PRECIO PROMEDIO DE MDO DE INSTALACIÓN €/h	HORAS DE MDO	IMPORTE MDO €
Equipos de acondicionamiento de espacios de carga	12.600	30	320	9.600
Equipos de automatización	22.500	45	240	10.800
Equipos de detección de incendios	6.900	35	240	8.400
<b>TOTAL</b>	<b>42.000</b>			<b>28.800</b>

Coste de instalaciones especiales = 68.800 €

TUTOR:

D. Germán Romero

ALUMNO:

Francisco J. Arrazola Méndez



## 2.8.- Resumen de costes por partidas

Se incluye una tabla resumen en la que se muestran las partidas en su conjunto.

RESUMEN DE PARTIDAS			
PARTIDA	IMPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS €	IMPORTE MDO €	IMPORTE TOTAL DE LA PARTIDA €
Casco	414.150,00	262.110,00	676.260,00
Equipo	238.379	22.320	260.698,61
Maquinaria auxiliar de cubierta	23.800,00	13.040	36.840,00
Propulsión	179.000,00	19.560	198.560,00
Maquinaria auxiliar de la propulsión	46.600,00	32.900	79.500,00
Cargos y respetos	4.500,00	3.600	8.100,00
Instalaciones especiales	42.000,00	28.800	70.800,00
TOTALES	948.429,00	382.330,00	1.330.759,00

## 3.- COSTES DE ASTILLERO

A los costes de las partidas para la construcción del buque, los cuales se pueden considera costes variables de la construcción, es necesario añadir otros costes que gravan la construcción pero que no se pueden incluir en ninguna de estas partidas.

Estos costes son los denominados costes de astillero, que engloban costes directos sobre la producción que no se incluyen en los costes evaluados por partidas.

Un ejemplo de estos costes son los derivados de la ingeniería, los debidos a la clasificación del buque, certificados, pruebas y garantías, etc.

Estos costes se aplican proporcionalmente al coste del buque calculado por la suma de las partidas, de manera que se podría decir que es una partida mas, cuyo importe, según criterio generalmente aceptado se puede estimar en el 10% del citado coste de partidas; por tanto:

$$\text{Coste de instalaciones especiales} = 133.078 \text{ €}$$

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez



### 4.- COSTE DE LA CONSTRUCCIÓN

Como consecuencia del análisis de las partidas de coste efectuado, el coste total de la construcción resulta:

COSTE TOTAL DE LA CONSTRUCCIÓN	
PARTIDA	IMPORTE TOTAL DE LA PARTIDA €
Compra de materiales y equipos	948.429,00
Mano de obra	382.330,00
Costes de astillero	133.078,00
<b>COSTE TOTAL DE CONSTRUCCIÓN DEL BUQUE</b>	<b>1.463.837,00</b>

### 5.- PRECIO DEL BUQUE

El precio final del buque contemplará el beneficio que el astillero incorpore por la construcción mas los impuestos aplicables. En general se considera como práctica generalmente aceptada incorporar un bneficio del 5% sobre el coste total de la construcción,

Suponiendo un tipo general de IVA del 21 %, el precio final del buque resulta.

PRECIO TOTAL DEL BUQUE	
CONCEPTO	IMPORTE €
Coste total	1.330.759,00
Beneficioio del astillero (5%)	66.537,95
IVA (21%)	293.432,36
<b>PRECIO DE VENTA DEL BUQUE</b>	<b>1.690.729,31</b>

TUTOR:

ALUMNO:

D. Germán Romero

Francisco J. Arrazola Méndez